

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta stavební

BAKALÁRSKÁ PRÁCA

Brno, 2020

Vladimír Koporec



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÁ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV GEOTECHNIKY**

INSTITUTE OF GEOTECHNICS

**NÁVRH ZALOŽENIA MOSTNÉHO PILIERA**

THE DESIGN OF BRIDGE PILLAR FOUNDATION

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Vladimír Koporec

**VEDÚCI PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.

**BRNO 2020**



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÁ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV GEOTECHNIKY**

INSTITUTE OF GEOTECHNICS

**NÁVRH ZALOŽENIA MOSTNÉHO PILIERA**

THE DESIGN OF BRIDGE PILLAR FOUNDATION

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Vladimír Koporec

**VEDÚCI PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. VĚRA GLISNÍKOVÁ, CSc.

**BRNO 2020**

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÁ

<b>Študijný program</b>	B3607 Stavebné inžinierstvo
<b>Typ študijného programu</b>	Bakalársky študijný program s prezenčnou formou štúdia
<b>Študijný obor</b>	3647R013 Konštrukcie a dopravné stavby
<b>Pracovisko</b>	Ústav geotechniky

## ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

<b>Študent</b>	Vladimír Koporec
<b>Názov</b>	Návrh založenia mostného piliera
<b>Vedúci práce</b>	Ing. Věra Glisníková, CSc.
<b>Dátum zadanie</b>	30. 11. 2019
<b>Dátum odovzdania</b>	22. 5. 2020

V Brne dňa 30. 11. 2019

---

doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.  
Vedúci ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Dekan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATÚRA

Podklady budú študentovi odovzdávané priebežne

Literatúra:

- [1] MASOPUST, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, Praha, 1994.
- [2] MASOPUST, J.: Speciální zakládání staveb - 1.díl, Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., Brno, 2004. ISBN 80-214-2770-1.
- [3] PRAKASH, S: Pile Foundations in Engineering Practice, J.Wiley et Sons, USA, 1990.
- [4] MASOPUST, J.: Navrhování základových a pažicích konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2012. ISBN 978-80-87438-31-2.

## ZÁSADY PRE VYPRACOVANIE

Úlohou študenta je:

- V teoretickej časti spracovanie literárnej rešerše zameranej na metódy hlbinného zakladania v Českej a Slovenskej republike;
- V praktickej aplikácii vypracovať návrh bezpečného a ekonomického založenia mostného piliera objektu, ktorý sa nachádza na východe Slovenska v blízkosti mesta Prešov. Súčasťou praktickej časti je statický výpočet a výkresová dokumentácia;
- Pri vypracovávaní bakalárskej práce vychádzajte zo zadaných podkladov, pokynov vedúceho bakalárskej práce a odbornej literatúry.

## ŠTRUKTÚRA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčlente podľa ďalej uvedenej štruktúry:

1. Textová časť záverečnej práce spracovaná podľa platnej Smernice VUT "Úprava, odovzdávanie a zverejňovanie záverečných prác" a platnej Smernice dekana "Úprava, odovzdávanie a zverejňovanie záverečných prác na FAST VUT" (povinná súčasť záverečnej práce).
2. Prílohy textovej časti záverečnej práce spracované podľa platnej Smernice VUT "Úprava, odovzdávanie a zverejňovanie záverečných prác" a platnej Smernice dekana "Úprava, odovzdávanie a zverejňovanie záverečných prác na FAST VUT" (nepovinná súčasť záverečnej práce v prípade, že prílohy nie sú súčasťou textovej časti záverečnej práce, ale textovú časť dopĺňujú).

---

Ing. Věra Glisníková, CSc.  
Vedúci bakalárskej práce

## PRHLÁSENIE O ZHODE LISTINNEJ A ELEKTRONICKEJ FORME ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že elektronická forma odovzdanej bakalárskej práce s názvom *Návrh založenia mostného piliera* je zhodná s odovzdanou listinnou formou.

V Brne dne 5. 6. 2020

---

Vladimír Koporec  
autor práce

## PROHLÁSENIE O PÔVODNOSTI ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu s názvom *Návrh založenia mostného piliera* spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dne 5. 6. 2020

---

Vladimír Koporec  
autor práce

## ABSTRAKT

Bakalárska práca pojednáva v prvej časti o možných spôsoboch plošného a hĺbkového založenia stavieb. V druhej, praktickej časti je riešené bezpečné a ekonomické založenie mostného piliera v meste Prešov v daných geologických podmienkach. Navrhované varianty sú vypočítané bez použitia výpočtového softwaru a s použitím softwaru GEO5 pre vzájomné porovnanie. Záverom je vyhodnotenie a porovnanie výsledkov oboch variant.

## KLÚČOVÉ SLOVÁ

Zakladanie stavieb, plošné základy, hĺbkové základy, základové dosky, základové rošty, základové pásy, základová päťka, studne, kesóny, pilóty, vŕtané pilóty, razené pilóty, mikropilóty,

## ABSTRACT

The bachelor's thesis discusses the possible ways of surface and and underground establishing the basics of structures and buildings in his first part. In the second, practical part is being resolved a safe and economical foundation of a bridge pillar in the city of Prešov within the given geological conditions. Even though the proposed variants are calculated without the use of computational software, software GEO5 is used to compare the results. software for mutual comparison. The conclusion contains the comparison and evaluation of the results of both approaches.

## KEY WORDS

Foundation of buildings, shallow foundations, deep foundations, foundation slab, grillage, strip foundation, foundation pads, wells, caisson foundation, piles, replacement piles, displacement piles, micropiles.



## BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP

Vladimír Koporec, *Návrh založenia mostného piliera*, Brno, 2020, 76 s., 14 s. príl.  
Bakalárska práca, Vysoké učení technické v Brne, Fakulta stavebná, Ústav geotechniky,  
vedúci práce Ing. Věra Glisníková, CSc.

## PREHLASUJEM

Prehlasujem, že som bakalársku prácu spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 04. 06. 2020

---

Vladimír Koporec

autor práce

## **Pod'akovanie**

Týmto by som chcel poďakovať všetkým, ktorý ma pri mojom štúdiu a tvorbe bakalárskej práce vždy podporovali. Predovšetkým mojej rodine, ktorá za mnou vždy stála a tým mi prejavovala dôležitú psychickú podporu, Ing. Jurajovi Kopčákovi za poskytnutie podkladov a v neposlední rade Ing. Věre Glisníkovéj, CSc. Za vedenie, prístup, ochotu, konzultácie a rady, vďaka ktorým mohla táto práca vzniknúť.

# OBSAH

<b>POĎAKOVANIE</b>	<b>11</b>
<b>OBSAH</b>	<b>12</b>
<b>1 ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2 PLOŠNÉ ZÁKLADY</b>	<b>14</b>
2.1 Základové dosky	14
2.2 Základové rošty	14
2.3 Základové pätky	15
2.4 Základové pásy	16
<b>3 HLĚBKOVÉ ZÁKLADY</b>	<b>17</b>
3.1 KESÓNY	17
3.2 STUDNE	18
3.3 PODZEMNÉ STENY	19
3.3.1 PODZEMNÉ STENY PAŽIACE (DOČASNÉ)	19
3.3.2 ŽELEZOBETÓNOVÉ A BETÓNOVÉ PODZEMNÉ KONŠTRUKČNÉ STENY	20
3.3.3 TESNIACE PODZEMNÉ STENY	20
3.4 PILÓTY	20
3.4.1 VRTANÉ PILÓTY (REPLACEMENT)	23
3.4.2 VRTANÉ PILÓTY CFA	30
3.4.3 REZANÉ PILÓTY (DISPLACEMENT)	32
<b>- ODOLNÝ BETÓN, NEPRIEPUSTNÝ, ODOLNÝ VOČI AGRESÍVNEMU PROSTREDIU,</b>	<b>35</b>
3.5 MIKROPILÓTY	37
<b>4 PRAKTICKÁ APLIKÁCIA</b>	<b>41</b>
4.1 POPIS STAVBY	41
4.2 GEOMORFOLOGICKÉ, GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY	42
4.2.1 GEOMORFOLOGICKÉ POMERY	42
4.2.2 GEOLOGICKÉ POMERY	45
4.2.3 HYDROGEOLOGICKÉ POMERY	46
4.3 VRTNÝ PRIESKUM	47
4.4 výpočet bez použitia softvéru	48
4.4.1 VÝPOČET PILÓTY $\phi$ 1500 mm	55

<b>4.5</b>	<b>Technologický postup pilótového založenia mostného piliera</b>	<b>64</b>
4.5.1	PRACOVNÝ POSTUP PILOTÁŽE	64
4.5.2	STAVEBNÁ PRIPRAVENOSŤ STAVENISKA	66
<b>5</b>	<b>ZÁVER</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÁ LITERATÚRA</b>	<b>69</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK</b>	<b>72</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b>	<b>73</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV</b>	<b>74</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH</b>	<b>76</b>



# 1 ÚVOD

Základové konštrukcie tvoria najspodnejšiu časť stavieb, ktoré sú v priamom styku so základovou pôdou a prenášajú do nej všetky zaťaženia nezákladových konštrukcií. Návrh aj samotná realizácia základov každej stavby musia spĺňať požiadavky predovšetkým na jej bezpečnosť, požadovanú životnosť a tiež na hospodárnosť a rýchlosť implementácie. So zvyšujúcou sa populáciou a narastajúcimi priestorovými nárokmi ľudských sídiel narastajú aj dopravné nároky. Je stále viac potrebné zakladať stavby v nie celkom vhodných geotechnických podmienkach. V dôsledku vyššie uvedených príčin sa v súčasnosti stále viac dostáva do popredia hĺbkové zakladanie stavieb a jeho kombinácia s plošnými základmi.

V rámci tejto bakalárskej práce je riešená problematika založenia mostného piliera mostu s názvom 201-00 Diaľnica D1 Prešov západ – Prešov juh.

Prvá časť tejto bakalárskej práce je teoretická. Jej cieľom je celkový prierez a oboznámenie sa s dostupnými metódami a technológiami zakladania stavieb na nedostatočne únosných povrchových vrstvách podložia. Jednotlivé technológie sú radené od historických metód, ktoré sú v súčasnosti už prekonané a ktorých využitie je minimálne, až k moderným metódam. Obsah bakalárskej práce je prevažne venovaný problematike pilót a ich zhotovovanie vŕtacími technológiami. Pilóty sú v súčasnosti najpoužívanější metódou hĺbkového zakladania obytných stavieb i mostných konštrukcií.

Cieľom praktickej časti bolo navrhnuť základovú konštrukciu, ktorá bude svojími vlastnosťami odpovedať zadanému zaťaženiu, tzn. či bude vyhovovať prvým a druhým medzným stavom. Praktická časť sa bude skladať z výpočtu bez použitia softvéru a pomocou programu GEO5. Následne budú oba výpočty medzi sebou porovnané.

## **2 PLOŠNÉ ZÁKLADY**

Plošné základy sú najrozšírenejším typom základovej konštrukcie. Majú spravidla vodorovnú základovú škáru. Ich hĺbka a rozmery sú dané zaťažením stavbou, stlačitelnosťou, únosnosťou základovej pôdy, vplyvom podzemnej vody, klimatickým vplyvom a technológiou vykonávania základov. Plošné základy prenášajú zaťaženie z vrchnej stavby na väčšiu plochu tak, aby boli splnené požiadavky I. a II. skupiny medzných stavov. Z ekonomického hľadiska je lepšie použiť plošné základy do hĺbky založenia približne 4 m pod upraveným terénom, pokiaľ sa do tejto hĺbky nevyskytuje podzemná voda. Medzi plošné základy radíme základové dosky, rošty, pätky, pásy.

### **2.1 ZÁKLADOVÉ DOSKY**

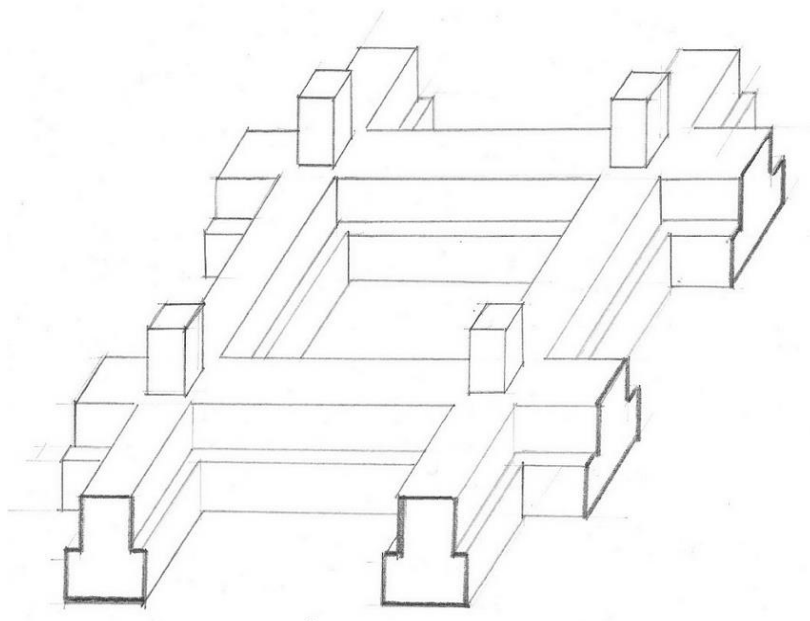
Základové dosky roznášajú rovnomerne zaťaženie na celú plochu stavby. Jedná sa o obrátenú stropnú konštrukciu namáhanú reakciou základovej zeminy. Umožňuje vodorovné vystuženie objektu v úrovni základovej škáry. Základové dosky je vhodné použiť pri zakladaní v obtiažnych podmienkach, napr. pre výškové a veľmi zaťažené konštrukcie, pri použití skeletového, alebo stenového systému, nehomogénna, málo únosná pôda, alebo pre založenie pod hladinou podzemnej vody. Z technologického hľadiska je najvýhodnejšia doska v konštantnej hrúbke – jednoduché debnenie a veľkoplošná betonáž. Základové dosky sa zhotovujú z простého betónu, alebo sú železobetónové monolitické. Hrúbku dosky môžeme znížiť použitím rebier, ktoré môžu byť nad, alebo pod doskou. Podľa tvaru ich rozdeľujeme na dosky rovné, rebrové, roštové a hríbové.

### **2.2 ZÁKLADOVÉ ROŠTY**

Základové rošty sú zostavené z priečnych a pozdĺžnych základových pásov, ktoré môžu byť v spoji zosilnené kútovými nábehmi. Ich výhodou je tuhosť celej základovej konštrukcie. Základové rošty sa používajú pri zakladaní na nerovnomerne stlačitelných zeminách, alebo na



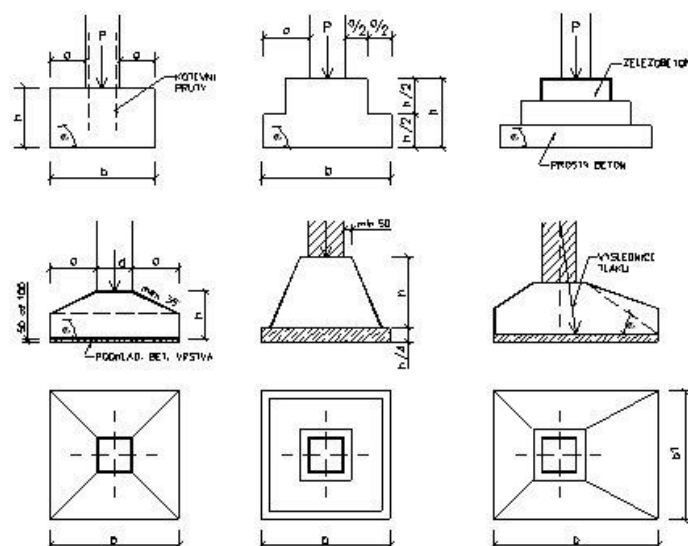
zeminách s malou únosnosťou, seizmických oblastiach, v poddolovanom území, pre rôzne zaťaženie stavbou.



**Obr. 1:** Základový rošt

## 2.3 ZÁKLADOVÉ PÄTKY

Základové pätky sa používajú väčšinou pre skeletové konštrukcie, pri ktorých sú všetky zaťaženia prenesené na základovú konštrukciu stĺpmi. Podmienkou pre použitie základových pätkiek je dostatočne únosná a homogénna základová pôda. Z technologického a ekonomického hľadiska je doporučené vyhotoviť pätky do pôdorysnej plochy 3 x 3 m. Pôdorysný tvar základovej pätky je najčastejšie štvorcový, obdĺžnikový, alebo kruhový. Pätky sa najčastejšie vyhotovujú ako monolitická jednostupňová, v prípade väčších hĺbok založenia sa navrhuje viacstupňová pätky. Pri centrickom zaťažení sa navrhujú štvorcové pätky, pri excentrickom zaťažení sa základová škára predlžuje v smere excentricity.



**Obr.2:** Základové pätky

## 2.4 ZÁKLADOVÉ PÁSY

Základové pásy sa používajú na založenie stenových a skeletových konštrukčných systémov. Sú to obdĺžnikové základy s pomerom dĺžky k šírke  $L/B \geq 6m$ . Väčšinou ide o základ pod priebežnou stenou.

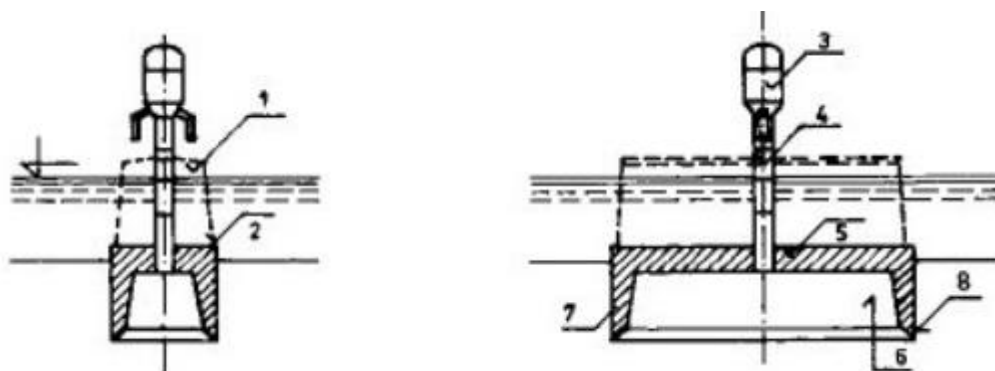
### 3 HĽBKOVÉ ZÁKLADY

Hĺbkové základy sa navrhujú vtedy, keď sa primerane únosná vrstva zeminy, ktorá je vhodná na založenie stavby, nachádza vo väčšej hĺbke pod povrchom terénu. Použitie plošného základu by bolo v danom mieste zo statického, konštrukčného, technického, ako aj ekonomického hľadiska nedostatočné. Hĺbkové zakladanie prenáša zaťaženie do základovej pôdy, alebo do horniny, kde je zemina dostatočne únosná. Hĺbkové zakladanie je všeobecne potrebné tam, kde axiálne stlačenie, axiálne napätie, dopyt po bočnom zaťažení, alebo kombináciu vyššie uvedeného nie je možné uspokojiť plošnými základmi.

Hĺbkové základy sa dajú rozdeliť na studne, kesóny, pilóty, mikropilóty, zemné steny.

#### 3.1 KESÓNY

Kesón je duté [obr. 3-1] teleso, ktoré sa používa na hlbinné zakladanie stavieb vo vode, alebo v bahnitej zemine. Má obdĺžnikový, alebo kruhový tvar a je tvorený stropom. Môže mať priemer aj niekoľko desiatok metrov. Vďaka kesónu sa môžu zhotovovať stavebné práce pod hladinou vody. Skladá sa zo vzdušnice, komunikačnej trúby, kompresoru na čistení vzduchu, vzduchového potrubia, z telekomunikačného a bezpečnostného zariadenia. Vzdušnica je zariadenie, ktoré pripomína akýsi kotol s dvoma vzduchotesnými dvierkami, ktoré umožňujú vstup do kesónovej komory bez toho, aby sa v nej zmenil tlak vzduchu. Kesóny sa stavajú prevažne zo železobetónu s oceľovým britom, alebo z ocele.



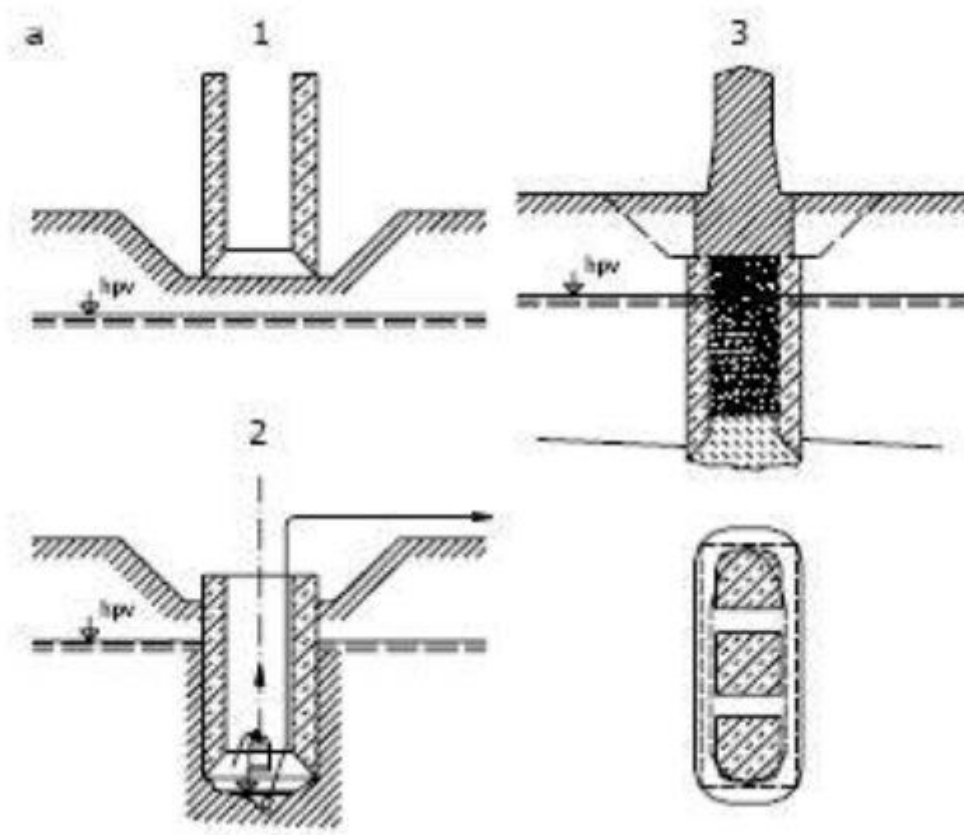
**Obr. 3:** Kesóny: 1) pilierová šachta, 2) osadený kesón, 3) vzdušnica, 4) vetracia a prístupová šachta, 5) kesónový strop, 6) pracovaná komora, 7) obvodové steny, 8) úzky oceľový brit

Druhy kesónov:

- krabicový kesón - otvorený zhora a uzavretý zdola,
- otvorený kesón - otvorený na dne i zhora, tvorí reznú spodnú hranu, ktorá uľahčuje potopenie mäkkým materiálom.

### 3.2 STUDNE

Základové studne sú duté, hore i dole otvorené konštrukcie valcovaneho alebo hranoloveho profilu. Studne sa navrhujú pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody a vo zvodnených zeminách. Väčšinou sa budujú nad úrovňou terénu a potom sa spúšťajú do potrebnej hĺbky, ako samostatné jednotky. Majú priemer minimálne 1m. Studne sú tvorené z dreva, murované, betónované do formy, alebo skladané z oceľových a železobetónových dielov. Výhoda betónových studní je taká, že monolitický plášť je schopný prenášať i ťah.



**Obr. 4:** Schéma studne: 1 - osadenie studne, 2 - spúšťanie studne podhrabávaním britu, 3 - hotový studňový základ

### **3.3 PODZEMNÉ STENY**

Podzemné steny (Milánske steny) sú líniové konštrukcie pre trvalé zaistenie zvislých výkopov stavebných jám a rýh. Ich najčastejšie využitie je zapaženie hlbokých výkopov, priestorných stavebných jám, alebo ako súčasť budúcej konštrukcie podzemných podlaží, prípadne ako paženie stien výkopov. Pažiaci a konštrukčný prvok často pôsobia zároveň, čiže častokrát tieto dve skupiny splývajú. Jedná sa o pomerne únosné a masívne prvky, ktoré dokážu odolávať hydrostatickému tlaku. Zároveň sa radia medzi najdrahšie technológie špeciálneho zakladania.

Z hľadiska účelu sa podzemné steny delia na:

- Pažiacie
- Konštrukčné
- Tesniace

#### **3.3.1 PODZEMNÉ STENY PAŽIACE (DOČASNÉ)**

Pažiacie podzemné steny sa v súčasnosti už prakticky nepoužívajú, slúžia iba k pažiacim účelom. Materiál dočasných podzemných stien je najčastejšie zo železobetónu a je schopný i dlhodobo odolávať vonkajším zaťaženiam. Preto sa v súčasnej dobe využíva viac železobetónových stien konštrukčných.

Konštrukčné podzemné steny slúžia predovšetkým pre účely:

- počas realizovania stavebnej jamy alebo ryhy sa pažia ich zvislé steny,
- vytvárajú konečné obvodové steny podzemných podlaží a to častokrát bez dodatočných úprav.

### **3.3.2 ŽELEZOBETÓNOVÉ A BETÓNOVÉ PODZEMNÉ KONŠTRUKČNÉ STENY**

Podľa charakteru výplne sa delia na:

- a) Prefabrikované - ich výplň je tvorená dopredu vyrobeným železobetónovým prefabrikátom, ktorý sa osadzuje do rýh vyplnených samotvrdnúcou suspenziou. Navrhujú sa prevažne pre trvalé konštrukcie zárubných stien, alebo hĺbených tunelov. Výhody prefabrikovaných podzemných stien sú dokonalá pohľadová úprava a dosiahnutie presnej polohy jednotlivých prvkov pri montáži. Nevýhodou je relatívne vysoká cena súvisiaca s prefabrikovanou výrobou a transportom na stavenisko.
- b) Monolitické - betonáž sa zhotovuje na mieste. Výplň je tvorená transportbetónom. Výhodou je rýchla realizácia a v porovnaní s prefabrikovanými stenami sú aj cenovo dostupnejšie. Nevýhodou je nerovný povrch monolitických stien, keďže sa v podstate jedná o odliatok ryhy vyhlbenej v základovej pôde

### **3.3.3 TESNIACE PODZEMNÉ STENY**

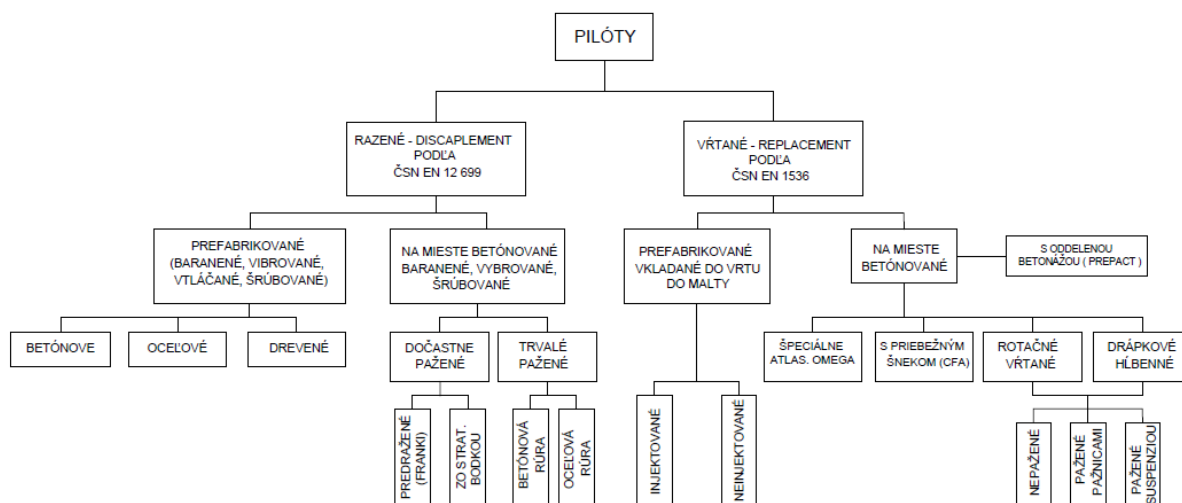
Účelom tesniacich podzemných stien je vytvorenie súvislej steny, ktorá zabraňuje prietoku podzemnej vody do stavebnej jamy a prenikaniu vody z okolitých tokov, alebo zabraňuje priesaku vody pod vodným dielom. V súčasnosti sa výrazne využíva k ochrane životného prostredia. Zabraňuje kontaminácii do okolia zo skládok, chemických prevádzok, skladov pohonných hmôt a iných chemikálií. Materiál slúžiaci ako výplň stien musí byť vodotesný. Najčastejším používaným materiálom je ílovocementová suspenzia.

## **3.4 PILÓTY**

Pilóty sú najrozšírenejšie a najviac používané prvky hlbinného zakladania stavieb. Navrhujú sa spravidla vtedy, ak sú horné vrstvy základovej pôdy na navrhovaný objekt neúnosné, alebo aby sme sa pri zakladaní v neúnosnej pôde vyhli veľkým objemom zemných a betonárskych prác a zároveň väčším ekonomickým nákladom.

Pilóty sú zabudované do horninového prostredia, resp. do únosnejších vrstiev, ktoré prenášajú zaťaženie do väčšej hĺbky a tým obmedzujú veľkosť sadania. Používajú sa aj pri zakladaní pod hladinou podzemnej vody. Pilóty sú zvislé, alebo šikmé základové prvky. Sú to v podstate stĺpy kruhového, hranatého, alebo členitého priemeru, ktoré sú tvorené z pevného materiálu, najčastejšie železobetónu. Pilót môže byť po dĺžke konštantný, alebo premenný. Pilóty patria medzi najstaršie prvky hlbinného zakladania. V súčasnosti je vo svete známych okolo sto druhov pilót a stále sú vyvíjané nové technologické postupy.

Aktuálne sa v Českej republike a v Slovenskej republike najviac používajú pilóty vŕtané a to z dôvodu geotechnických podmienok, kde sa v relatívne malej hĺbke nachádzajú skalné, poloskalné a iné únosné podlažia, do ktorých je možné pilóty votknúť. V menšom pomere sa využívajú aj predražené pilóty Franki.



**Obr. 5:** Európska klasifikácia pilót

Staršia klasifikácia pilót:

- a) podľa priečného rozmeru:
  - maloprofilové (priečný rozmer od 0,3 m, resp. 0,15 m do 0,6 m)
  - veľkopprofilové (priečný rozmer cez 0,6 m do cca 3,0 m)
- b) podľa sklonu:
  - zvislé
  - šikmé
- c) podľa spôsobu namáhania:

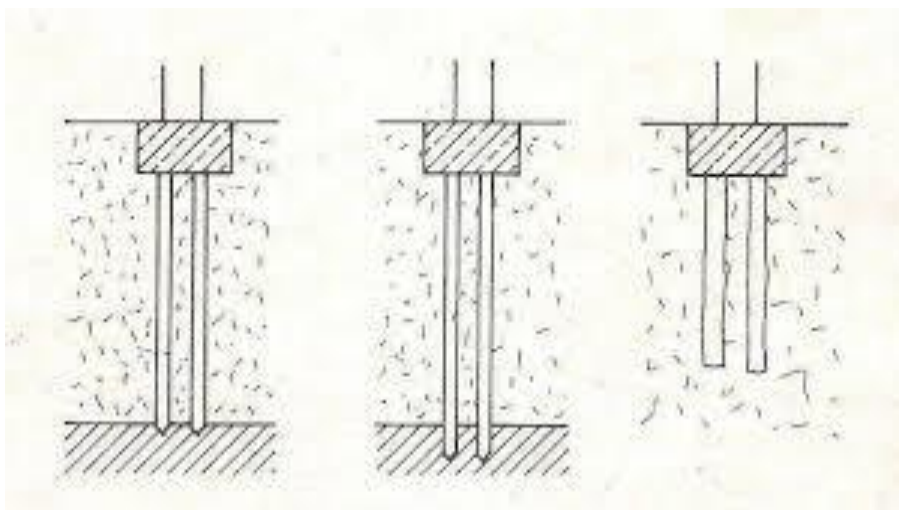
- tlačené
  - ťahané
  - priečne zaťažené (v kombinácii s tlakom alebo ťahom)
- d) podľa materiálu:
- betónové (železobetónové, z predpätého betónu)
  - ocelové
  - drevené

Ďalej môžeme pilóty rozdeliť:

- podľa statického pôsobenia:
  - pilóty osamelé
  - pilóty skupinové
- podľa priečneho rozmeru:
  - maloprofilové
  - veľkoprofilové
- podľa spôsobu prenášania zaťaženia do základovej pôdy:
  - opreté
  - votknuté
  - plávajúce

Ak je pilóta založená v prostredí, kde sa jej spodný koniec ešte nedotýka zeminy s požadovanou únosnosťou, tak väčšinu zaťaženia prenáša plášť pilóty. Takáto pilóta sa nazýva plávajúca pilóta. Ak je naopak pilóta pevne uložená na zemine s požadovanou únosnosťou, čo môže byť napríklad pevná skala, alebo uľahnutý piesok, tak zaťaženie prenáša najmä jej pätou. Takáto pilóta sa nazýva opretá pilóta. Kombináciu spomenutých druhov pilót, plávajúcej a opretej pilóty, nazývame votknutá pilóta. Tento druh pilóty prenáša zaťaženie do zeminy ako plášťom, tak aj pätou.





**Obr. 6:** Druhy pilót: opreté, votknuté, plávajúce

Obecnejšie sa delia pilóty podľa výrobného postupu na dve rozsiahlejšie skupiny:

- pilóty vŕtané (replacement)
- pilóty razené (displacement)

### **3.4.1 VŔTANÉ PILÓTY (REPLACEMENT)**

Vŕtané pilóty sa navrhujú predovšetkým ako hlbinné základy schopné prenášať sústredené osovú záťaž (hlavne tlakovú), ale tak isto aj záťaž priechne. Vyhotovenie vŕtaných pilót sa riadi európskou normou ČSN EN 1536: Vyhotovenie špeciálnych geotechnických prác – Vŕtané pilóty /1999/. Vzhľadom k ich veľkej únosnosti, dĺžke a votknutia do únosného podlažia sa veľmi často navrhujú ako osamelé, tvoriace priamo základy stĺpov hál a mostov. Ich hlavy možno zabezpečiť monolitickými vŕtanými pätkami s kalichmi, pre priamu montáž prefabrikovaných železobetónových stĺpov, alebo spojovacou výstužou, pre naviazanie stĺpov monoliticky zhotovených. V prípade mimoriadne veľkých záťaží sa navrhujú v skupinách spojených v hlave železobetónovou pätkou, pásom, či doskou. Za vŕtané pilóty sa považujú prvky nasledujúcich parametrov:

Charakteristika vŕtaných pilót:

- priemer drieku:  $0,3 \leq d \leq 3,0$  m,

- najmenší rozmer lamely na mieste betónovanej podzemnej steny:  $w_i \geq 0,4$  m,
- pomer medzi rozmermi  $b_i / w_i \leq 6$ , kde  $b_i$  je najväčší a  $w_i$  najmenší z prierezových rozmerov lamely podzemnej steny,
- sklon podľa obrázku  $n \geq 4$  ( $\Theta \geq 76^\circ$ ), s ponechanými pažnicami  $n \geq 3$  ( $\Theta \geq 72^\circ$ )
- plocha priečneho rezu rozšírenej päty pilóty, lamely podzemnej steny:  $A \leq 10 \text{ m}^2$ .

Tvarové kritéria pre pilóty s rozšírenou päťou či driekom:

- rozšírenie päty v nesúdržných zeminách  $d_B/d \leq 2$ , v súdržných  $d_B/d \leq 3$ ,
- rozšírenie drieku: pre všetky typy zemín  $d_E/d \leq 2$ , ( $d_B, d_E$  vid' obrázok),
- sklon rozširovanej časti v zeminách nesúdržných:  $m \geq 3$  a v zeminách súdržných  $m \geq 1,5$ .

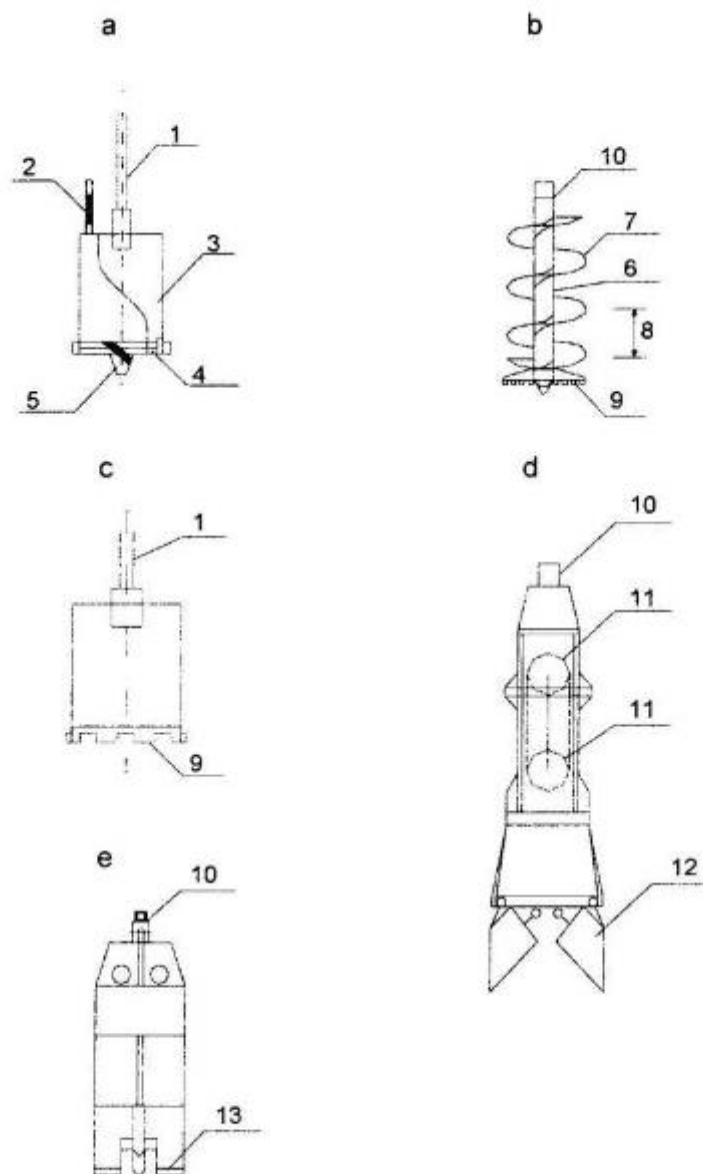
Pilóty môžu byť navrhované ako:

- osamelé,
- skupinové,
- pilótové steny, ktoré slúžia ako pažiace a operné konštrukcie.

Najčastejšie sa pre vŕtanie používa technológia rotačne náberového vŕtania. Pri balvanitých zeminách sa využíva pomalšie drapákové hĺbenie.

Druhy vrtných nástrojov:

- vrtný hrniec, ktorý je vhodný pre piesčité a štrkovité zeminy, suché, zavodnené a poloskalné horniny,
- vrtná špirála, ktorá je vhodná pre súdržné zeminy,
- jednolanový drapák, ktorý sa využíva pri ťažbe balvanov
- dláto, ktoré sa používa ak treba rozbiť prekážku vo vrtoch,
- vŕtacia korunka, ktorá sa využíva pri prevŕtavaní skalných hornín.



**Obr. 7:** Používané vrtné nástroje

Vrtné nástroje: a. vrtný hrniec, b. vrtná špirála, c. vŕtacia korunka, d. jednolanový drapák, e. dláto. Legenda: 1 - vrtná tyč, 2 - ovládač vyklopenia dna, 3 - vrtný hrniec, 4 - dno vrtného hrnca s výmennými zubami, 5 - centrátor, 6 - telo, 7 - závit špirály, 8 - výška závit, 9 - rezacie zuby, 10 - záves, 11 - rolno, 12 - lopatky, 13 - bit

Vrty pre pilóty sa zhotovujú:

- nepažené,
- pažené pomocou pažiacej suspenzie
- pažené pomocou ocel'ových pažníc

Nepažené vrty sa zhotovujú vtedy, keď je isté, že steny a dno vrtu ostanú stabilné počas realizácie. V priebehu realizácie vrtu je potrebné neustále kontrolovať súdržnosť hornín na plášti vrtu, prípadne aj podzemnú vodu. V prípade, ak to tak nie je, je nutné vrt zapažiť. U šikmých vrtov  $n \leq 15$  sa musia vrty pažiť po celej dĺžke, ak nie je dokázaná ich stabilita. Vrty s priemerom drieku viac ako 1,0 m by sa mali pažiť vždy. Zhotovujú sa za pomoci tkz. úvodnej pažnice, ktorej dĺžka je v rozmedzí 1,5 - 2,5 m. Funkciou úvodnej pažnice je presné vedenie vrtného nástroja pri jeho opakovanom zavrtávaní a vývrtu. Pri nesúdržných zeminách a súdržných zeminách s  $IC < 0,5$ , navážkach a nedostatočne zhutnených násypoch by sa mali pažiť vždy.

Pri vrtoch pažených pomocou pažiacej suspenzie sa stabilita stien i dna vrtu zaisťuje ílovou pažiacou suspenziou. Je to kombinácia elektrotechnických javov a hydrostatického tlaku, ktoré pôsobia na stenu vrtu a vytvoria ochranný ílový koláč. Hrúbka ílovej suspenzii je závislá na kvalite ílovej suspenzie. Ílová suspenzia je plastická kvapalina, ktorá ma odlišné vlastnosti od klasických Newtonových kvapalín (voda). Rozdielne vlastnosti sa prejavujú prevažne tým, že pre prekonanie vnútorného odporu v ílovej suspenzii je potrebné vyvinúť určitú silu, aby sa stala tekutou.

Kritéria, ktoré musia splňovať pažnice:

- spoje pažnice musia byť dostatočne dimenzované na krútiaci moment a na pozdĺžne sily,
- musia byť navrhnuté a dimenzované na zaťaženie pri pažení a tiež pri demontáži pažníc,
- musia byť hladké a bez výstupkov a zbytkov betónu,
- musia byť kruhového profilu a nedeformovateľné po celej jej dĺžke i priečnom profile.

**Tab. 1:** Najčastejšie používané priemery varných a spojovateľných pažníc spoločne s príslušnými priemermi vrtného zariadenia.

Priemer		
Varné (čierne) pažnice	Spojovateľné pažnice	Vrtné náradie
630	630	570
720	750	630
820	880	770
920		870
1020	(1020), 1080	920
1220	(1180), 1200, 1220	1070
1420		1220
	1500	1350
1620		1500
1820		1700
2020		1900

Prípravné práce pred betonážou, ktoré je potrebné vykonať sú kontrola dĺžky a čistenie vrtu, armovanie železobetónovej pilóty, prípadne čerpanie podzemnej vody. Čerpanie podzemnej vody z vrtu sa zhotovuje iba v prípade, ak nebude riziko porušenia stability vrtu.

Čistenie dna sa zhotovuje pomocou čistiacej šapy. Čistiaca šapa je zaopatrená rovným dnom a je uzavierateľná, alebo s klapkami bez centrátora v prípade zhotovenia vrtu špirálovým vrtákom. Časové oneskorenie medzi dokončením vŕtania a samotnou betonážou musí byť čo najkratšie.

Betónované pilóty na mieste vŕtané sa zhotovujú ako:

- železobetónové, vystužené armokošom
- nevystužené z prostého betónu
- s kotevnou výstužou
- so špeciálnou výstužou (oceľové rúry, tuhé valcované profily)

Pilóty z prostého betónu sa navrhujú iba pre namáhanie tlakom a pre umiestnenie v zeminách, kde nehrozí strata stability. Na hlavách pilóty býva dodatočne pridaná kotevná výstuž.

Pri železobetónových pilótach je driek, alebo jej veľká časť vystužená armokošom, ktorý je tvorený pozdĺžnou výstužou, priečnou výstužou a pomocnou výstužou. Minimálne krytie výstuže pilót s priemerom  $\leq 0,6$  m je 50 mm, u pilót s priemerom nad 0,6 m je to 60 mm. U pilót pažených spojovateľnými pažnicami sa krytie výstuže zväčšuje o hrúbku steny pažnice (obyčajne 40mm). U vŕtaných pilót je výstuž vyrábaná v podobe armokoša, ktorý musí mať potrebnú tuhosť pri jeho inštalácii do vrtu. Ideálne je, ak sa armokoš zapúšťa do vrtu ako celok bez spojov. U mimoriadne dlhých pilót sa časti armokoša spájajú v priebehu zapustenia do vrtu. Ako spoj armokoša sa používajú lanové spojky namiesto zvaru. Z dôvodu rýchlosti inštalácie armokoša do vrtu.

**Tab.2:** Minimálne vystuženie železobetónových vŕtaných pilót

Menovitá prierezová plocha drieku pilóty (AC)	Plocha pozdĺžnej výstuže (AS)
$AC \leq 0,5 \text{ m}^2$	$AS \geq 0,5\% AC$
$0,5 \text{ m}^2 < AC \leq 1,0 \text{ m}^2$	$AS \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$AC > 1,0 \text{ m}^2$	$AS \geq 0,25 \% AC$

Pri betonáži vŕtaných pilót musia byť splnené určité požiadavky. Betón musí mať vysokú odolnosť proti rozmiešavaniu, vysokú plasticitu, správne zloženie, konzistenciu, samozhutňovaciu schopnosť a hlavne správnu spracovateľnosť pre jeho uloženie. Požiadavky na zloženie betónu sa riadia podľa európskej normy ČSN EN 206-1. Trieda betónu je najčastejšie C 16/20 až C 30/37. Vyššie triedy betónu sa nepoužívajú. Na zaistenie potrebných vlastností čerstvého betónu sa používajú prísady, ako napr. plastifikátory, superplastifikátory, prípadne spomaľovače tuhnutia. Pri betonáži pod  $+5^{\circ}\text{C}$  a nižšie, je povolené použitie prevzdušňovacích prísad.

Požadované vlastnosti čerstvého betónu môžeme dokázať kontrolnými skúškami, alebo sa skúšky zhotovujú priamo na stavenisku. Pre skúšku pevnosti betónu na stavenisku je stanovený počet odberov vzoriek. Jedna sada (tri kusy vzoriek) z prvých troch pilót na stavenisku. Po jednej sade z každých nasledujúcich piatich pilót, respektíve pätnásť pilót

pokiaľ množstvo betón v pilóte nepresahuje 4 m<sup>3</sup>. Dve sady vzoriek pri prerušení práce na viac ako sedem dní. Jedna sada vzoriek na každých 75 m<sup>3</sup> betónu spracovaného v jednom dni. Betonáž vŕtaných pilót sa zhotovuje dvoma spôsobmi. Betonážou do sucha a betonážou pod vodou (alebo pod ílovou pažiacou suspenziou).

#### Betonáž pilót do sucha:

Táto metóda sa používa v prípade úplne suchého vrtu. Betonáž sa zhotovuje pomocou usmerňovacej betonážnej rúry s násypkou, ktorá je usmernená na stredu vrtu. Vnútorňý priemer usmerňovacej rúry je minimálne 200 mm, ale súčasne musí byť väčší ako osemnásobok najväčšej použitej frakcie kameniva v betónovej zmesi.

#### Betonáž pilót pod vodou:

Pri tejto metóde sa pod vodu, alebo pod pažiacou suspenziou používa metóda Contractor. Táto metóda spočíva v ukladaní dobre spracovanej betónovej zmesi pomocou sypákovej rúry, ktorá zabraňuje rozmiešavaniu a znečisteniu pilóty okolitej kvapaliny v pilóte.

Pred začatím betonáže pilóty sa na dno vrtu spustí sypáková rúra, ktorá je opatrená vhodnou zátkou, aby sa zamedzilo premiešaniu betónu s kvapalinou. Následne sa celá zaplní čerstvým betónom a povytiahne do výšky približne o jeden priemer rúry. Následne sa zaháji betonáž a sypáková rúra sa pozvoľna vyťahuje tak, aby bola v betóne vždy minimálne 1,5 m.

Z dôvodu realizácie ďalších pilot nasleduje po zabetonovaní pilót a odstránení pažníc isté oneskorenie. Medzi dokončovacie práce patrí úprava hlavy pilóty, úprava jej výstuže a prípadné nadpilótové konštrukcie, ktoré sú súčasťou pilóty.

Pokiaľ dôjde behom odbúrania znečistenej hlavy pilóty k deformácii armokoša, musí sa vykonať jeho narovnanie a úprava podľa zásad s nakladaním s betonárskou výstužou. Je nutné zabrániť ohýbaniu výstuže za tepla a ostrým ohybom. V prípade zoslabnutia výstuže, alebo neprípustných deformácií sa výstuž vyreže a zahradí sa privareným novým prútom z betonárskej výstuže. Pri pilótach zhotovených z простého betónu sa v tejto fáze zhotovuje takzvaná. spojovacia výstuž. Tá je tvorená určitým počtom zvislých prútov, ktoré sú zapichované do čerstvého betónu. Prebetónované hlavy pilót sa odstraňujú a upravujú na

požadovanú výškovú úroveň odbúravaním, ktoré sa musí zhotovovať ohľaduplne, aby nedošlo k poškodeniu zvyšnej časti pilóty.

### 3.4.2 VRTANÉ PILÓTY CFA

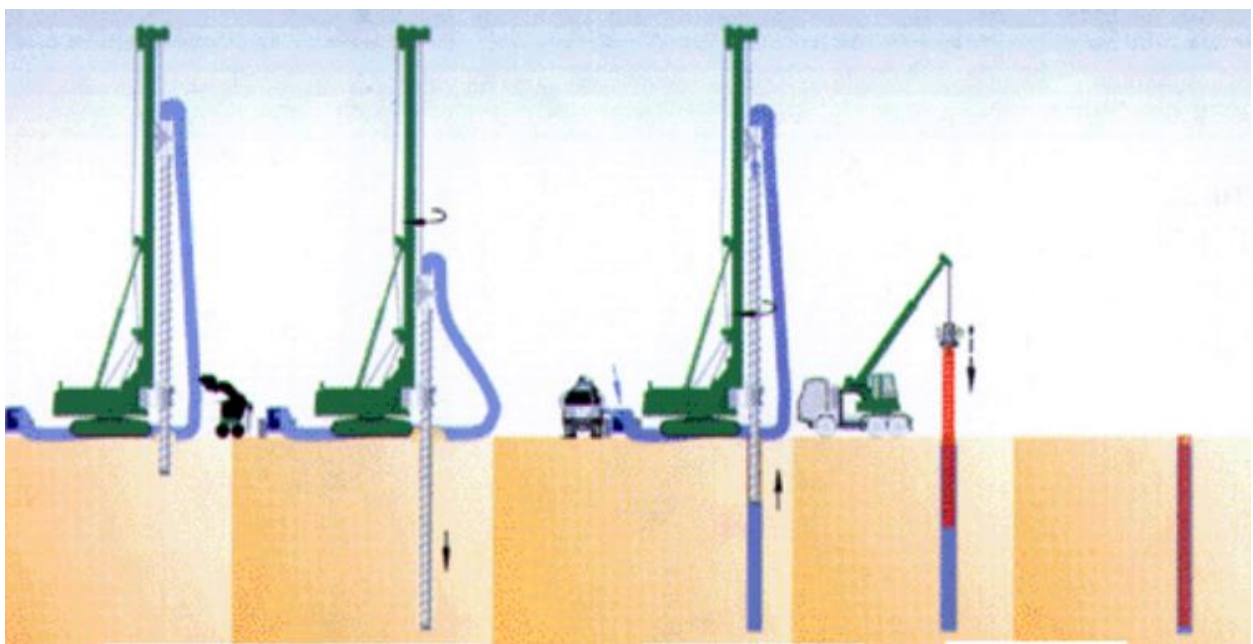
Vrtané pilóty CFA (Continuous Flight Auger) patria medzi súčasne najprogressívnejšie technológie. CFA pilóty sú typom vrtaného základu, pri ktorom sa pilóta vyvrta pomocou špirálového vrtáku, ktorý umožňuje betonáž pilóty bez potreby paženia stien vrtu. Najväčšou prednosťou je vysoká produktivita realizácie pilotových prác a jej zvýšená únosnosť na plášti, ktorá je dosiahnutá betonážou pod tlakom. Špirála je vyhotovená tak, aby pri zavrtávaní sa do zeminy ju súčasne roztláčala do strán a čiastočne hutnila. Tým udržiaval stabilitu otvoru. Pri metóde CFA je rozhodujúcou podmienkou vhodnosť zeminy. Medzi vhodné zeminy patria nesúdržné s relatívnou uľahlosťou  $I_D > 0,4$  a nerovnozrnné s  $d_{60}/d_{10} > 2$ , ďalej zeminy suché, alebo zavodnené, bez obsahu veľkých kameňov, alebo balvanov. CFA metódu je možné využiť i v súdržných zeminách (okrem senzitívnych ílov a spraší), ale za predpokladu, že neobsahujú tvrdé nevrtateľné časti. Vrtané pilóty CFA sa zhotovujú vždy zvislo. Najbežnejšie používané priemery pilót používané metódou CFA sú od 0,6 - do 0,9 m s dĺžkou do 30 m. Výstuž je osadená do hĺbky približne 10 až 15 m z dôvodu, že vo väčších hĺbkach sa prenáša relatívne nízke ohybové napätie.

Vrtanie pilóty pri bežných šnekoch sa zhotovuje tak rýchlo, aby stroj využíval minimálne otáčky priebežného šneka z dôvodu minimalizovania negatívnych účinkov vyvolaných pri vrtaní v zemine. Vrtná sústava pre pilótovacie práce metódou CFA musí byť schopná vyvinúť dostatočný krútiaci moment a tiež určitú ťažnú silu. Pri začatí prác sa v prvom kroku priebežný šnek postupne zavrtáva do zeminy. Pri tejto činnosti v podstate nedochádza k žiadnemu hromadeniu zeminy v okolí vrtu. V prípade nežiadúceho vniknutia vody alebo zeminy do stredovej rúry priebežného šneku je rúre zavedený uzavierací mechanizmus.

Po dosiahnutí požadovanej hĺbky sa vrták postupne zdvíha a cez dutý stred vrtáku je pod tlakom vháňaná betónová zmes. Rozmletá zemina sa vysunuje na povrch. Betónová zmes dôkladne vyplňa vyvrtaný otvor a tým, že je vháňaná pod tlakom, zabezpečuje zvýšené plášťové trenie. Betonáž sa zhotovuje stredovou rúrou, na ktorej je napojená hadica (súčasť



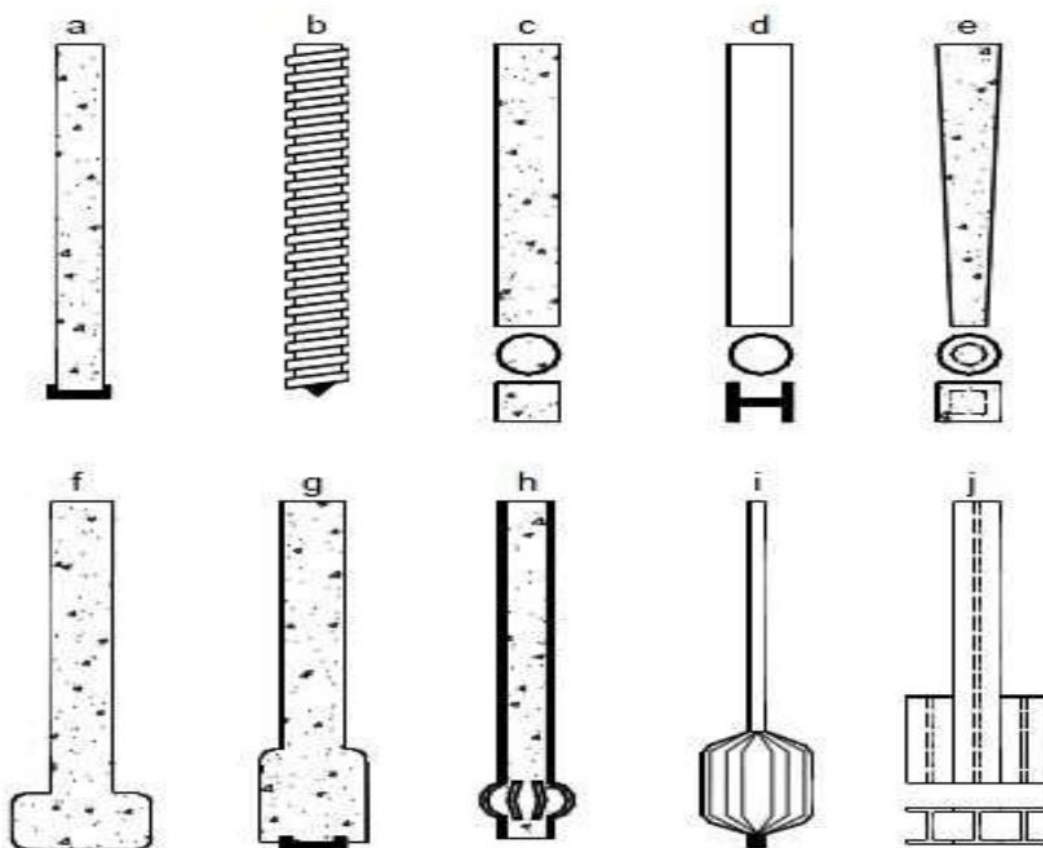
betonážneho čerpadla). Čerstvá betónová zmes obsahuje prevažne oblé kamenivo. Pretlak betónu pri päte pilóty zaisťuje dokonalé zaplnenie priestoru. Betonáž pilóty by mala byť zhotovená naraz v jednom kroku a preto je dôležité mať dostatočné množstvo betónovej zmesi na stavenisku. Často sa na stavbe vieme stretnúť s betonážou až do vrstvy nakopenej zeminy, vzniknutej pri vyťahovaní šneku. Výhodou tohto postupu je, že docielime kvalitný betón v úrovni projektovanej hlavy pilóty, ktorý sa dosiahne šetrným odbúraním znečistenej časti pilóty. Hneď po dokončení betonárskych prác sa následne mechanicky odstráni vyťažená zemina, buď nakladačom, alebo rýpadlom. Po odstránení zeminy sa upraví hlava pilóty a osadí sa betonárska výstuž. Vyvrtaná zemina sa odprace od hlavy pilóty a ihneď po vyplnení vrtu betónom sa osadí výstuž. Ako výstuž pilót sa najčastejšie používa armokoš, prípadne oceľový profil, ktorý je vtlačaný do betónovej zmesi pomocou vlastnej tiaže, alebo pomocou tlaku mechanizmu. Armokoš sa do pilóty nesmie vibrovať, pretože by mohlo dôjsť ku roztriedeniu betónu.



**Obr. 8:** Technologický postup vyhotovenia pilóty (CFA) priebežným šnekom: a) zahájenie vŕtania, b) dokončenie vŕtania v projektovanej hĺbke, c) betonáž pilóty za súčasného vyťahovania priebežného šneku, d) vkladanie armokoša do čerstvo vybetónovanej pilóty, e) dokončenie pilóty

### 3.4.3 REZANÉ PILÓTY (DISPLACEMENT)

Podľa európskej klasifikácie sa razené pilóty radia do typu displacement. Pri ich návrhu sa riadime normou ČSN EN 12699:2001 Prevedenie špeciálnych geotechnických prác - Razené pilóty. Razené pilóty oproti vŕtaným pilótam (replacement) majú odlišnú technológiu zhotovenia. Nezhotovuje sa vrt s následným ťažením zeminy, ale zemina je pri zhotovení roztlačovaná do strán a odpadá tak nutnosť likvidácie vytŕaženého materiálu. Najčastejšia metóda zhotovenia razených pilót je baranením, vibrovaním, šróbovaním, zatlačovaním, alebo kombináciou týchto metód. Materiál používaný pre razené pilóty môže byť: betón (železobetón, predpätý betón), malta (injekčná zmes), oceľ, liatina, drevo, alebo kombináciou týchto materiálov. Razené pilóty sa dajú deliť podľa zhotovenia na prefabrikované a zhotovené na mieste. Na Obr. 9 sú uvedené najčastejšie používané typy razených pilót.



**Obr. 9:** Príklady razených pilót: a) baranené na mieste betónované, b) šróbová na mieste betónovaná, c) prefabrikovaná železobetónová, d) oceľová (kruhová, H), e) prefabrikovaná žb kónická, f) na mieste betónovaná s rozšírenou päťou (predražená, franki), g) na mieste betónovaná s rozšírením päty, h) na mieste betónovaná s ponechanou pažnicou a s rozšírením päty, i) s telesom rozširujúcou päťu v mäkkej zemine, j) oceľová zavarovaná s rozšírením päty

### 2.4.3.1 PREFABRIKOVANÉ RAZENÉ PILÓTY

Použitie týchto pilót je ovplyvnené geotechnickými pomermi krajiny, najviac sú rozšírené v severnej Európe, ale aj v Holandsku a v Belgicku. Na Slovensku sa prakticky prestali vyrábať od konca 90. rokov minulého storočia. Najčastejšie sa zhotovujú baranením a vibrovaním, zriedkavejšie šróbovaním a zatlačovaním. Pokiaľ navrhujeme razené pilóty ako skupinovú, je potrebné predvrtanie následných pilót. Pri razení prvých pilót sa zemina v okolí stlačuje do takej miery, že ostatné pilóty nie je možné doraziť. Preto sa ostatné pilóty predvrtávajú, aby došlo k uvoľneniu zeminy a následne sa dorazí pilóta. Predvrtaním sa ale nepriaznivo ovplyvní únosnosť pilót. Na zabezpečenie zvýšenia únosnosti je možné použiť injekciú zmesi cementovej suspenzie, ktorú do drieru injektujeme pomocou oceľových trubiek. Pri razení železobetónových pilót sa častokrát poruší hlava pilóty, ktorá je poškodená a je nutné jej odbúranie, až po neporušený betón. Pre každý druh prefabrikovaných baraných pilót je nutné určiť kritéria pre razenie, ktoré sa stanovujú na každý druh baranu (vibrátoru), rozmery a ich dĺžku. Najrozšírenejšie sú železobetónové pilóty štvorcového prierezu so skosenými rohmi v rozmeroch : 250/250 - 450/450 mm a dĺžke do 15 m. Pri návrhu razených pilót je treba potrebné zohľadniť mnoho faktorov, napr. druh barana, rozmer a dĺžku pilót a metódu inštalácie, aby bolo možné stanoviť kritéria pre razenie:

#### 1. Vibrované pilóty:

- energia vibrovania
- frekvencia vibrovania
- vznik pilóty v závislosti na predchádzajúcich ukazovateľoch

#### 2. Barané pilóty

- energia pri baraní (ťaž barana, výška pádu barana)
- rýchlosť vnikania do základovej pôdy
- vnikanie pilóty do základovej pôdy

### 3. Pilóty skrutkové:

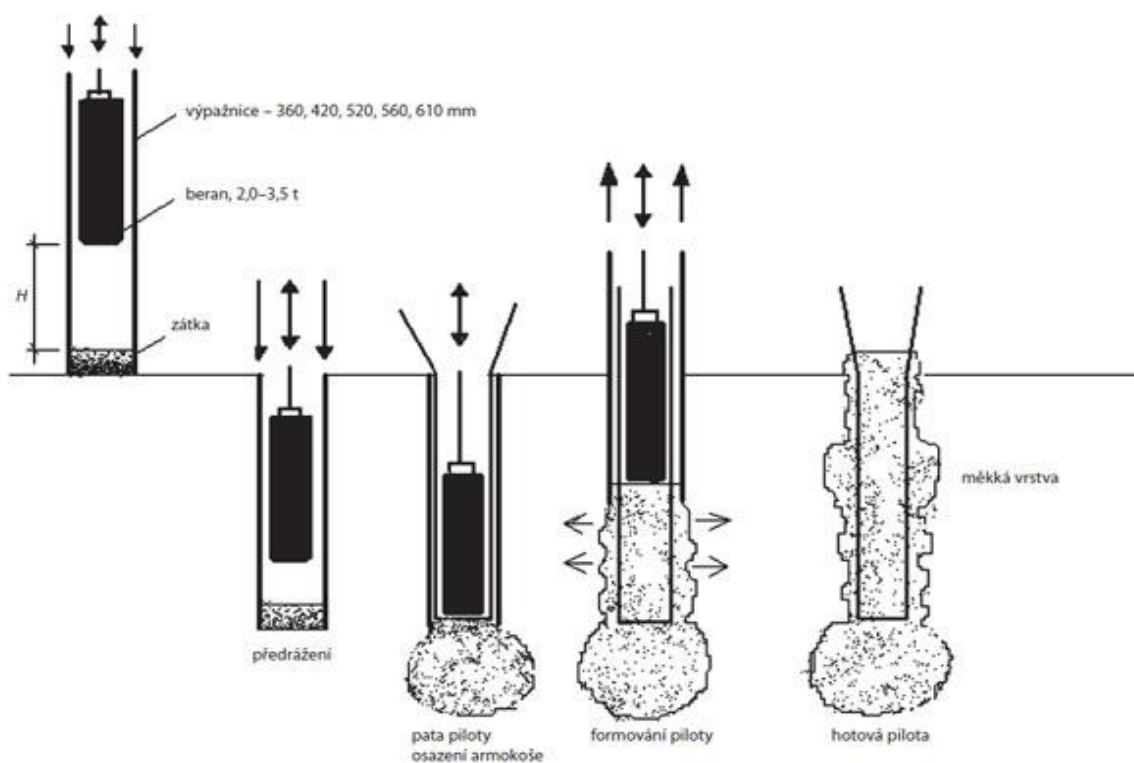
- krútiaci moment a tlaková sila pôsobiaca na pilótu vo vzťahu k rýchlosti vniknutia do základovej pôdy.

#### **2.4.3.2 RAZENÉ, NA MIESTE BETÓNOVANÉ PILÓTY**

Inštalujú sa do základovej pôdy spôsobom, že sa najprv baranením, vibrovaním, alebo šróbovaním urobí otvor, najčastejšie kruhového prierezu, do ktorého sa vloží výstuž (armokoš) a následne sa zabetónuje. Ak raziacu rúru, ktorou sme otvor zhotovili ponecháme, hovoríme o pilótach „trvalo pažených“. Ak sa raziaca rúra vytiahne, tak takýmto pilótam hovoríme „dočasne pažené“. Z dôvodu geologických podmienok na Slovensku sú rozšírené dva typy razených pilót. Pilóty VUIS, ktoré boli vyvinuté práve na Slovensku. Druhý najpoužívanější typ sú pilóty FRANKI.

#### **2.4.3.3 PILÓTY FRANKI**

Táto technológia zhotovenia razených pilót bola vyvinutá v Belgicku v 30. rokoch minulého storočia. Týmto spôsobom sa na Slovensku zhotovuje približne 10 až 15% hlbinných základov a ich prevažná časť spadá do prvkov štrkovitých, ktoré sa radia do oblasti zlepšovania vlastností základovej pôdy. Pri predražených, na mieste betónovaných pilót, je vhodné použiť v oblastiach prevažne objemovo nestálych zemín, málo únosných naplavenín, sprašových a ílových hlinách, v miestach neulahlých násypov a najdôležitejšiu rolu hrajú pri zakladaní na poddolovanom území, seizmicky aktívnych miestach, alebo v miestach s agresívnou podzemnou vodou.



**Obr. 10:** Postup pilotáže predraženej pilóty Franki

Výhody Franki pilót:

- odolný betón, nepriepustný, odolný voči agresívnemu prostrediu,
- vysoká miera únosnosti kN/cena pilóty v priaznivých geotechnických podmienkach,
- cibul'ová päta, ktorá má priemer 1,5 - 1,8 násobku drieru pilóty,
- drsný plášť o priemere 420 - 450mm; 520 - 550mm,
- kvalitný betón pri nízkom vodnom súčiniteli ( $v/c=0,3$ ) vďaka jeho efektívnemu zhutneniu,

Nevýhody Franki pilót:

- veľké dynamické účinky pri ich baraní,
- obmedzený priemer a dĺžka,
- sú vhodné iba pri niektorých typoch zemín,
- odsatie vody – v sprašných súdržných zeminách,
- veľmi dobre prenášajú osové zaťaženie.





**Obr. 11:** Pohľad na „cibuľu“ pilóty Franki

#### **2.4.3.4 VIBROVANÉ PILÓTY VUIS**

Boli vyvinuté na Slovensku. V Českej republike sa realizovali len zriedka a v súčasnosti sa už nerealizujú z dôvodu značného obmedzenia z hľadiska vhodných geotechnických podmienok a tiež aj ich malou únosnosťou vyplývajúcou z jej dĺžok a profilov. V minulosti bolo známych mnoho modifikácií týchto pilót. Na Slovensku a v Českej republike sa používala modifikácia so stratenou bodkou. Bodka bola tvorená betónovým kužeľovitým prvkom, na ktorý sa nasadzovala oceľová pažnica s priemerom 380 mm. V hornej časti bola päťka opatrená vzdušníkom a vibrátorom. Pre zavesenie a manipuláciu s týmto zariadením sa používal žeriav.

Pri realizácii pilóty sa po zavibrovaní do potrebnej hĺbky do zapaženého vrtu vložil armokoš. Následne bol vrt otvorom vo vzdušníku vyplnený čerstvým betónom. Potom bol vzdušník uzavretý a za pomoci žeriavu bola pažnica vytiahnutá z vrtu. Demontáž pažnice bola vykonávaná za pomoci stlačeného vzduchu vháňaného do pilótov cez vzdušník. Piloty VUIS bolo možné realizovať v tuhých súdržných zeminách, v pieskoch a drobných štrkoch bez kameňov a balvanov.

#### **2.4.3.5 PILÓTY FUNDEX**

Tento typ pilóty je na Slovensku a v Českej republike len zriedkavo používaný. Dôvodom je veľká konkurencia v podobe pilót Franki, ktoré svojou produktivitou a hlavne únosnosťou úplne vytlačili pilóty Fundex z trhu. Uskutočnili sa baranéním oceľovej rúry s priemerom 400-600 mm.

### **3.5 MIKROPILÓTY**

Mikropilóty sú prvky hlbinného zakladania stavieb, charakteristické svojou mimoriadnou štíhlosťou a úspornými nárokmi na priestor pri ich zhotovovaní. Využívajú sa hlavne na podchyťovanie či zosilňovanie základov stávajúcich stavieb, ale aj pre založenie nových objektov, kde nám stiesnené podmienky nedovoľujú riešiť veľkopriemerové pilóty. Mikropilóty sa využívajú aj ako stabilizačné opatrenie, napr. pre zaistenie svahu proti zosuvu. Zhotovenie a dohľad nad zhotovením, monitoring a kontrola výroby mikropilóta sa riadi ustanovením európskej normy ČSN EN 14199 : Zhotovenie špeciálnych geotechnických prác- Mikropilóty. Táto norma platí pre:

- mikropilóty vŕtané, vonkajší priemer do 300 mm,
- mikropilóty razené, vonkajší priemer do 150 mm.

Mikropilóty môžeme deliť :

a) podľa spôsobu namáhania:

- tlakové,
- ťahové,

- namáhané priečnymi silami.

b) podľa spôsobu uvedenia mikropilót do funkcie:

- nepreťažované - deformácie prebiehajú po spojení s nezákladovou konštrukciou,
- preťažené - pred spojením so základom sa preťaží silou, ktorá je zodpovedajúca jej následnému zaťaženiu
- predpäté - preťažená pilóta je spojená s konštrukciou v zaťaženom stave.

**Tab. 3:** Technológia vŕtania maloprofilových vrtov

TECHNOLÓGIA VŔTANIA	GEOTECHNICKÉ PODMIENKY
ROTAČNÉ VŔTANIE ŠPIRÁLOM ZA SUCHA	SÚDRŽNÉ ZEMINY TUHÉ AŽ PEVNEJ KONZISTENCIE, MÄKKÉ POLOSKALNÉ
ROTAČNÉ VŔTANIE NA PLNÚ ČELBU S VÝPLACHOM	ZEMINY MÄKKÉ HORNINY
ROTAČNÉ PRÍKLEPOVÉ VŔTANIE	TVRDÉ HORNINY, ŠTRKY, BALVANITÉ ZEMINY, OSTATNÉ HORNINY

Mikropilóty môžeme rozdeliť na niekoľko častí:

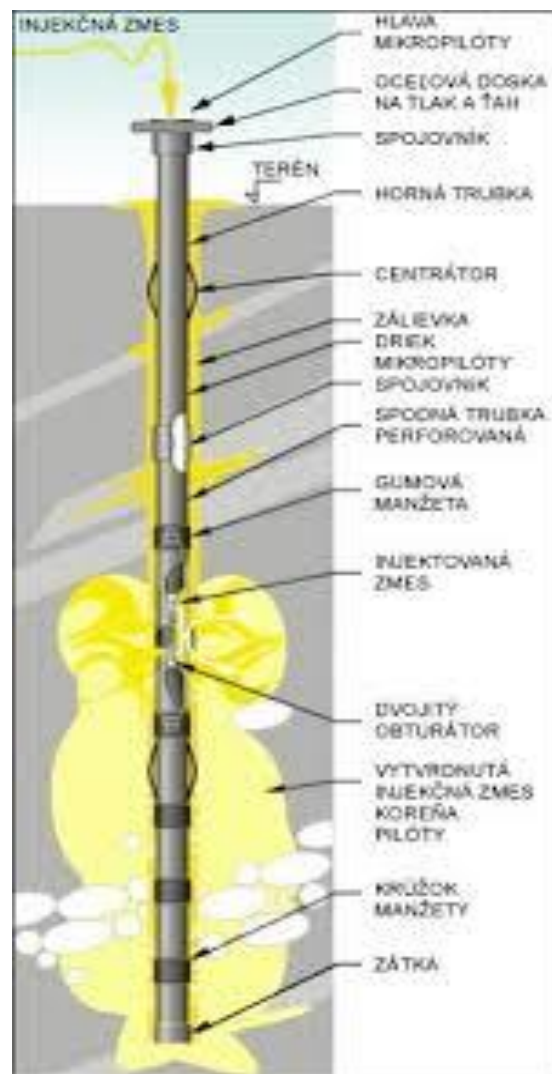
- hlava - preberá zaťaženie zo stavebnej konštrukcie. Hlava mikropilóty je obyčajne tvorená roznášacou doskou, ktorá bude neskôr trvalo zabudovaná do nadväzujúcej základovej konštrukcie. Mikropilóty prenášajúce tlakové zaťaženie majú roznášaciu dosku hlavy privarenú k vystužovanej rúrke, zatiaľ čo u mikropilót prenášajúcich ťahové zaťaženie je roznášacia doska s vytlačovacou rúrkou spojená spojovníkom s vnútornou poistnou skrutkou.
- driek - prechádza obyčajne neúnosnými vrstvami.
- koreň - je injektovaný a je votknutý do okolitých hornín a odovzdáva jej zaťaženie od stavebného objektu.





**Obr 12:** Hlava mikropilóty

Dĺžky, v ktorých sa mikropilóty zhotovujú, nie sú obmedzené. Rovnako tak aj ich sklon môžeme zhotoviť pod ľubovoľným uhlom. Z dôvodu ich štíhlosti sú mikropilóty predovšetkým určené na prenos osových (tlakových a ťahových) síl. V niektorých prípadoch sa stretávame i s pôsobením priečnych síl, voči ktorým majú ale malú tuhosť. Pre zaistene bezpečného prenosu je nutné mikropilóty navrhnuť ako skupinu – mikropilótové rošty. Výstuž mikropilóty najčastejšie tvorí zostava z dielov oceľových trubiek. Ide o tzv. trubkové mikropilóty (76/10 mm, 89/16 mm, alebo iných rozmerov) spojené skrutkovými spojovníkmi. Diely v koreňovej časti sú pre možnosť injektovania urobené s perforáciou, ktorá je prekrytá gumovými manžetami. Výstuž môže byť tvorená armokošom zhotoveným z prútov stavebnej ocele, napr. 3-5  $\varnothing$  32 mm. Injektovanie koreňovej časti je v prípade oceľových rúrok realizované priamo cez tieto rúrky, alebo je armokoš vybavený klasickou manžetovou rúrkou z PVC s profilom 32/3,6 mm. Koreňová časť sa obvyčajne injektuje vzostupným spôsobom pomocou dvojitého obturátora, umožňujúceho viacnásobné riadené injektovanie.



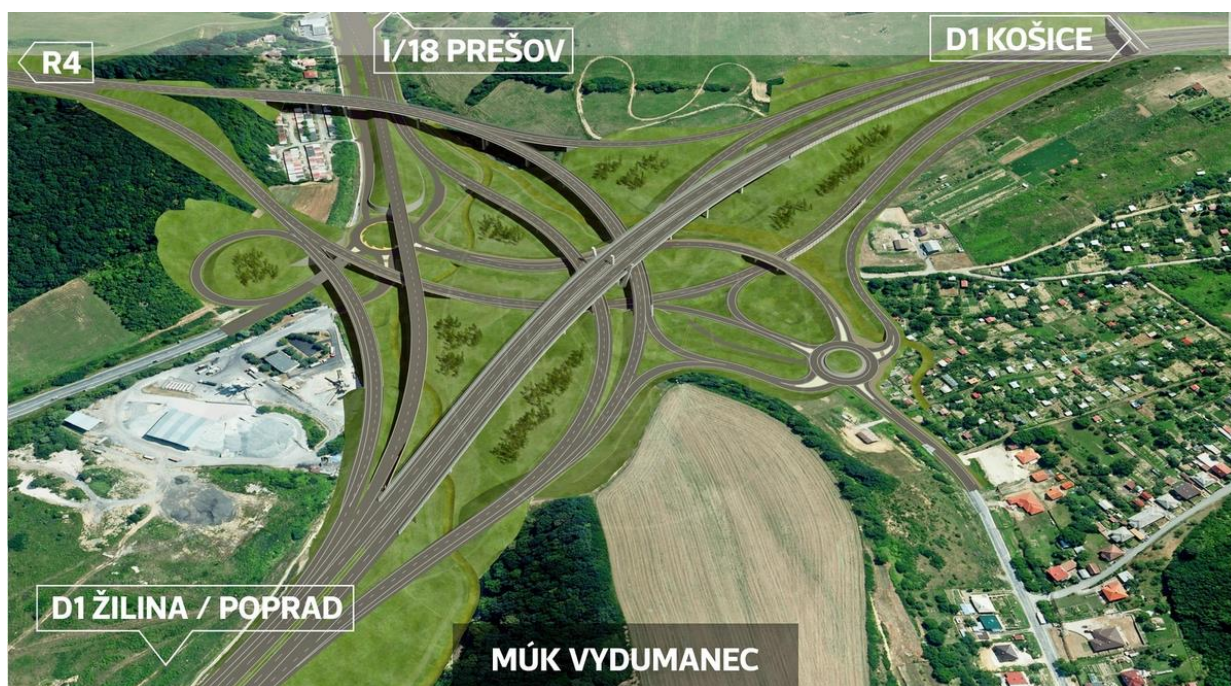
**Obr. 13:** Časti mikropilóty

## 4 PRAKTICKÁ APLIKÁCIA

Cieľom bakalárskej práce je navrhnuť a analyzovať základovú konštrukciu pod nosným pilierom diaľničného mostu. Súčasťou zadania bakalárskej práce boli výsledky vŕtaných sond (geologický profil) a zaťaženie od mostného piliera poskytnuté projektantom Ing. Jurajom Kopčakom. Cieľom praktickej časti bolo navrhnuť základovú konštrukciu, ktorá bude svojimi vlastnosťami odpovedať zadanému zaťaženiu, tzn. či bude vyhovovať prvým a druhým medzným stavom.

### 4.1 POPIS STAVBY

Najzložitejšia križovatka na Slovensku. Tak označujú stavbu mnohí odborníci. Stavba sa nachádza pri výjazde z Prešova v smere na Poprad. Je súčasťou obchvatu D1 Prešov, západ – Prešov, juh. Stavba sa nachádza v katastrálnom území Prešov – Vydumanec, približne 4 kilometre od centra krajského mesta Prešov. Tým, že sa tu napájajú dva diaľničné úseky a cesty I., II. a III. triedy, je to veľká spleť križovatiek.



**Obr. 14:** Umiestnenie stavby

V rámci stavby bola vybraná problematika založenia mostnej podpory č. 8, ktorej výška je 29,13 metra a jeho súčasťou je aj stupňovitá základová päťka s plochou 376 m<sup>2</sup>. Objekt sa nachádza v nadmorskej výške 270,17 m.n.m.



Obr. 15: Poloha staveniska

## 4.2 GEOMORFOLOGICKÉ, GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

### 4.2.1 GEOMORFOLOGICKÉ POMERY

#### 4.2.1.1 GEOGRAFICKÉ POMERY

Prešov je krajské mesto ležiace v Prešovskom kraji. So svojimi približne 90 tisícami obyvateľov je tretím najväčším slovenským mestom. Prešov leží vo východnej časti Slovenska. Mesto leží na sútoku riek Torysa a Sekčov, rozkladá sa na ploche 70,4 km<sup>2</sup>. [20]

#### 4.2.1.2 PRIRADENIE KU GEOMORFOLOGICKEJ JEDNOTKE

Prešov leží vo východnej časti Slovenska v Košickej kotline. Obklopujú ho Slanské vrchy z východu a Šarišská vrchovina zo západu. Je centrom regiónu Šariš.

#### 4.2.1.3 SEIZMICKÉ POMERY

Lokalita stavby sa nachádza v seizmickej oblasti 4. Pre túto oblasť uvažujeme referenčné špičkové seizmické zrýchlenie  $ag_R = 0,4 \text{ m/s}^2$ . Na základe seizmogeologických charakteristík lokality je podložie diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh zaradené do kategórie podložia C. Vzhľadom k veľkosti uvažovaného seizmického zrýchlenia, súčiniteľu významnosti mostného objektu  $g_I = 1,3$  a súčiniteľu podložia  $S$  ( $S = 1,25$ ) pre kategóriu podložia C na území Slovenska, môžeme konštatovať, že mostná konštrukcia sa nachádza v oblasti s nízkou seizmicitou.

**Tab. 4:** Identifikačné údaje mosta

Identifikačné údaje mosta	
Názov stavby	Diaľnica D1 Prešov západ – Prešov juh
Názov mosta	201-00 Most v km 98,0 D1 nad vetvami križovatky Prešov západ
Katastrálne územie	Prešov
Okres	Prešov
Kraj	Prešovský samosprávny kraj
Bod kríženia mosta	vetvou č.15 križovatky Prešov západ
Staničenie na D1	km 97,949 82
Uhol kríženia	60,2g
Výška priechodového prierezu	4,80m + min.0,15m
Bod kríženia mosta	vetvou č.9 križovatky Prešov západ
Staničenie na D1	km 97,954 51
Uhol kríženia	57,2g
Výška priechodového prierezu	4,80m + min.0,15m
Bod kríženia mosta	vetvou č. 1 križovatky Prešov západ



Staničenie na D1	km 97,967 65
Uhol kríženia	53,4g
Výška priechodového prierezu	4,80m + min.0,15m
Bod kríženia mosta	vetvou č. 6 križovatky Prešov západ
Staničenie na D1	km 98,044 15
Uhol kríženia	45,8g
Výška priechodového prierezu	4,80m + min.0,15m
Bod kríženia mosta	s potokom Vydumanec
Staničenie na D1	km 98,088 66

**Tab. 5:** Základné údaje o moste

Základné údaje o moste	
Charakteristika mosta	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) most na diaľnici</li> <li>b) -</li> <li>c) most nad vetvami križovatky</li> <li>d) most s dvanástimi poľami (pravý most)</li> <li>most s dvanástimi poľami (ľavý most)</li> <li>e) jednopodlažný</li> <li>f) s dolnou mostovkou, v poliach 7 a 8 so zavesenou mostovkou</li> <li>g) nepohyblivý</li> <li>h) trvalý</li> <li>i) v smerovom a výškovom oblúku</li> <li>j) kolmý</li> <li>k) s normovanou zaťažiteľnosťou</li> <li>l) masívny, z predpätého betónu</li> <li>m) plnostenný</li> <li>n) trámový, v poliach 7 a 8 trámový zavesený na nízkych pylónoch</li> <li>o) otvorene usporiadaný</li> <li>p) s neobmedzenou voľnou výškou</li> </ul>
Dĺžka premostenia	546,40m (PM), 524,9m (LM)
Dĺžka mosta	562,9m (PM), 536,4m (LM)
Šikmosť mosta	Kolmý
Šírka mosta	14,15m(PM), 14,45 (LM)

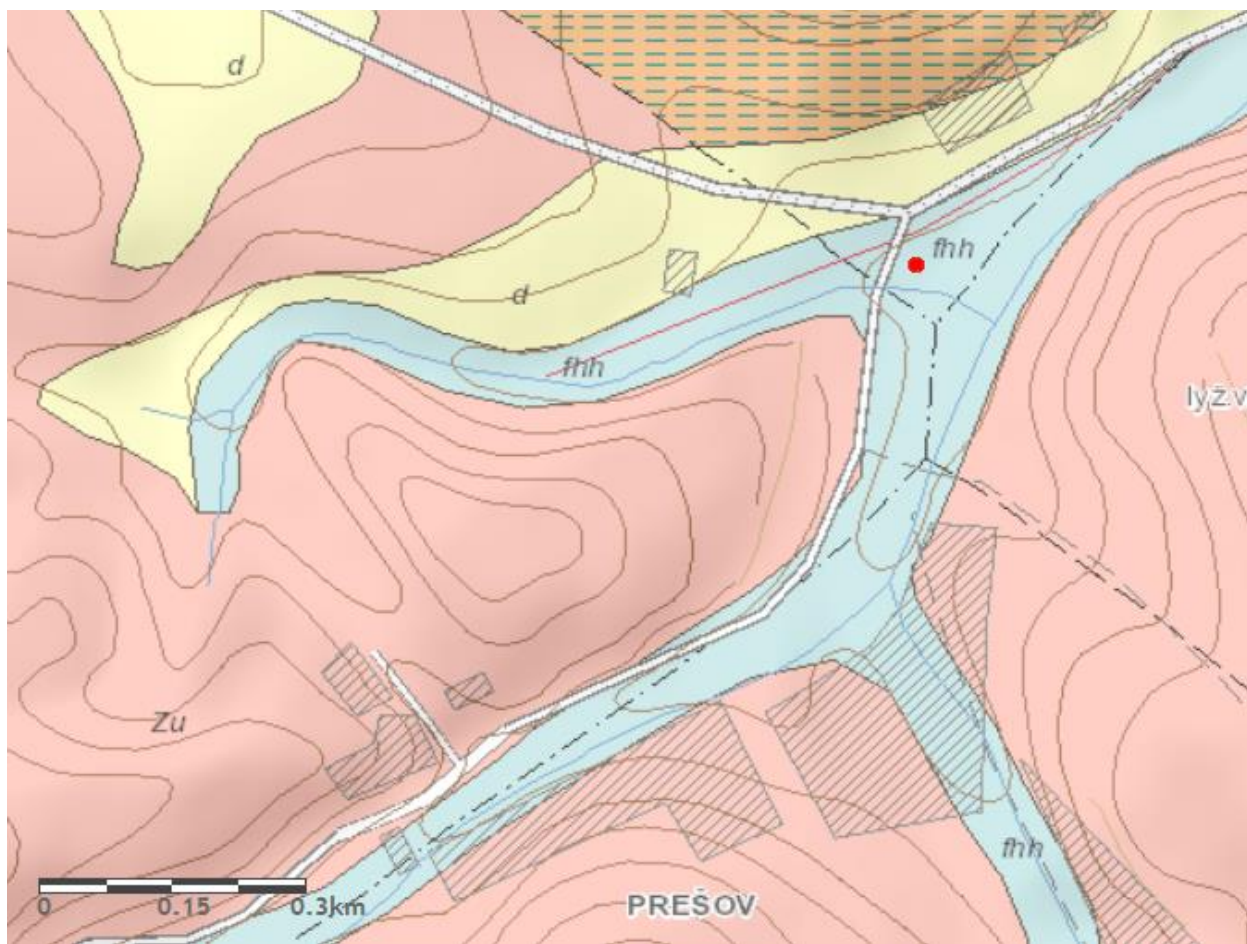
Výška mosta	20m (nad terénom)
Stavebná výška	2,39m

## **4.2.2 GEOLOGICKÉ POMERY**

### **4.2.1.1 GEOLÓGIA STAVBY**

Základové podmienky v podrobnej etape inžinierskogeologického prieskumu.

V rámci IGP boli na trase projektovaného mostného objektu realizované jadrové inžinierskogeologické vrty (M - 1 až M - 13 do hĺbky 15,0 - 20,0 m), jadrové inžinierskogeologické vrty s presiometrickými skúškami (MP - 1 až MP - 9 do hĺbky 20,0 - 25,0 m), sondy dynamickej (DP - 1 až DP - 17 do hĺbky až 10,3 m) a statickej penetrácie (sondy statickej penetrácie SP - 1, 2, 6, 10). Piliere 8P a 8L sú situované v rovinatom reliéfe fluviálnych zemín horských tokov. Kvartérny pokriv tvoria fluviálne a proluviálne sedimenty charakteru ílov s nízkou, strednou až vysokou plasticitou (F6/CI - F8/CH), ílov piesčitých (F4/CS) tuhej až mäkkej konzistencie s lokálnym výskytom organických látok obsahu do 6 %. Fluviálne zeminy sú prekryté antropogénnym materiálom hrúbky 0,4 - 2,7 m



**Obr. 16:** Geologická mapa

### 4.2.3 HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

V oblasti mostného objektu bola hladina podzemnej vody narazená vo zvetraných paleogénnych ílovcoch v hĺbke od 4,0 do 10,2 mp.t. Vo vrtoch M-8 boli narazené dva horizonty podzemnej vody. Prvý horizont bol zistený vo fluvialných ílovitých sedimentoch potoka Vydumanec a druhý horizont vo zvetranom paleogénnom podloží. Podzemná voda bola ustálená relatívne plytko v hĺbke 1,2 mp.t. (M-8). Vzhľadom na prítomnosť podzemnej vody bolo doporučené v každom výkope zriadiť studne z betónových skruží Ø 0,8m, v hĺbke 1,0 m na čerpanie podzemnej vody.



### 4.3 VRTNÝ PRIESKUM

Vrtný prieskum bol zhotovený pomocou jadrového vrtu. Vyhĺbená sonda bola označená pod názvom M8.

Pôdne pomery zistené pomocou sondy:

#### Kvartér

- 0,0 - 3,3 m Íl so strednou plasticitou (F6/CI), lokálne s piesčitou prímесou (F4/CS), s organickou prímесou, tmavohnedej až tmavosivohnedej farby, tuhej až mätko - tuhej konzistencie, so slabým organickým zápachom - fluviálny.
- 3,3 - 4,0 m Íl so strednou až vysokou plasticitou (F6/CI), s prímесou (F8/CH), svetlohnedý so sivými a čiernymi šmuhami a ojedinelými Mn konkréciami, tuhej až pevnej konzistencie - fluviálny.
- 4,0 - 5,3 m Íl so strednou plasticitou (F6/CI), lokálne s piesčitou prímесou (F4/CS), svetlo sivohnedej farby, s ojedinelými úlomkami zvetraných ílovcov a pieskovcov veľkosti do 1,0 - 2,0 cm, tuhej konzistencie - fluviálny.

#### Paleogén

- 5,3 - 9,5 m Ílovce až prachovce, úplne až silno zvetrané (4 - 3), s preplástkami pieskovcov, svetlo sivohnedej až hnedej farby, extrémne nízkej pevnosti (R6), pieskovce sú nízkej pevnosti (R4).
- 9,5 - 14,3 m Ílovce až prachovce, stredne zvetrané (2), s preplástkami pieskovcov, svetlo sivohnedej až farby, veľmi nízkej pevnosti (R5).
- 9,5 - 20,0 m Ílovce s prechodom do prachovcov, slabo zvetrané (1), po puklinách a plochách vrstevnatosti zatečené oxidmi železa, laminované veľmi nízkej pevnosti (R5), ojedinele sú ílovce tenkodoskovité nízkej pevnosti (R4). Vo vrstve sú veľmi ojedinelé polohy tenkodoskovitých jemnozrnných pieskovcov nízkej pevnosti (R4).

Hladina podzemnej vody narazená: 6,8 m p.t.

## 4.4 VÝPOČET BEZ POUŽITIA SOFTVÉRU

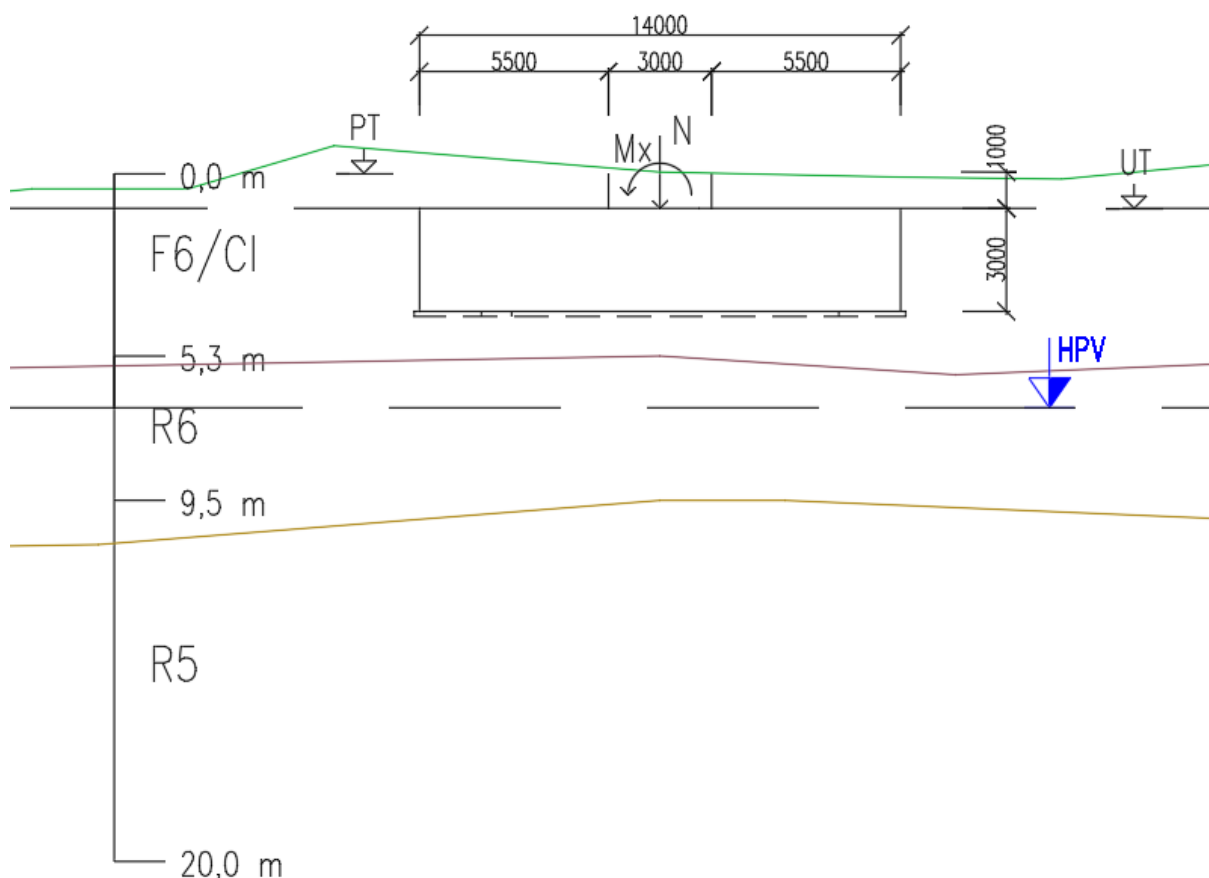
Výpočet únosnosti základovej pätky

Vstupné parametre:

Navrhovaná základová pätká ma pôdorysné rozmery 14 x 12 m a výšku 3 m. Je posúdená na 1. MS a 2. MS podľa ČSN EN 1997. Jedná sa o železobetónovú základovú pätku. Hladina podzemnej vody sa predpokladá v hĺbke 6,8 m pod úrovňou pôvodného terénu. Zaťaženie od mostného piliera je  $N = 711160$  kN,  $M_x = 20655$  kNm,  $M_y = 26860$  kNm

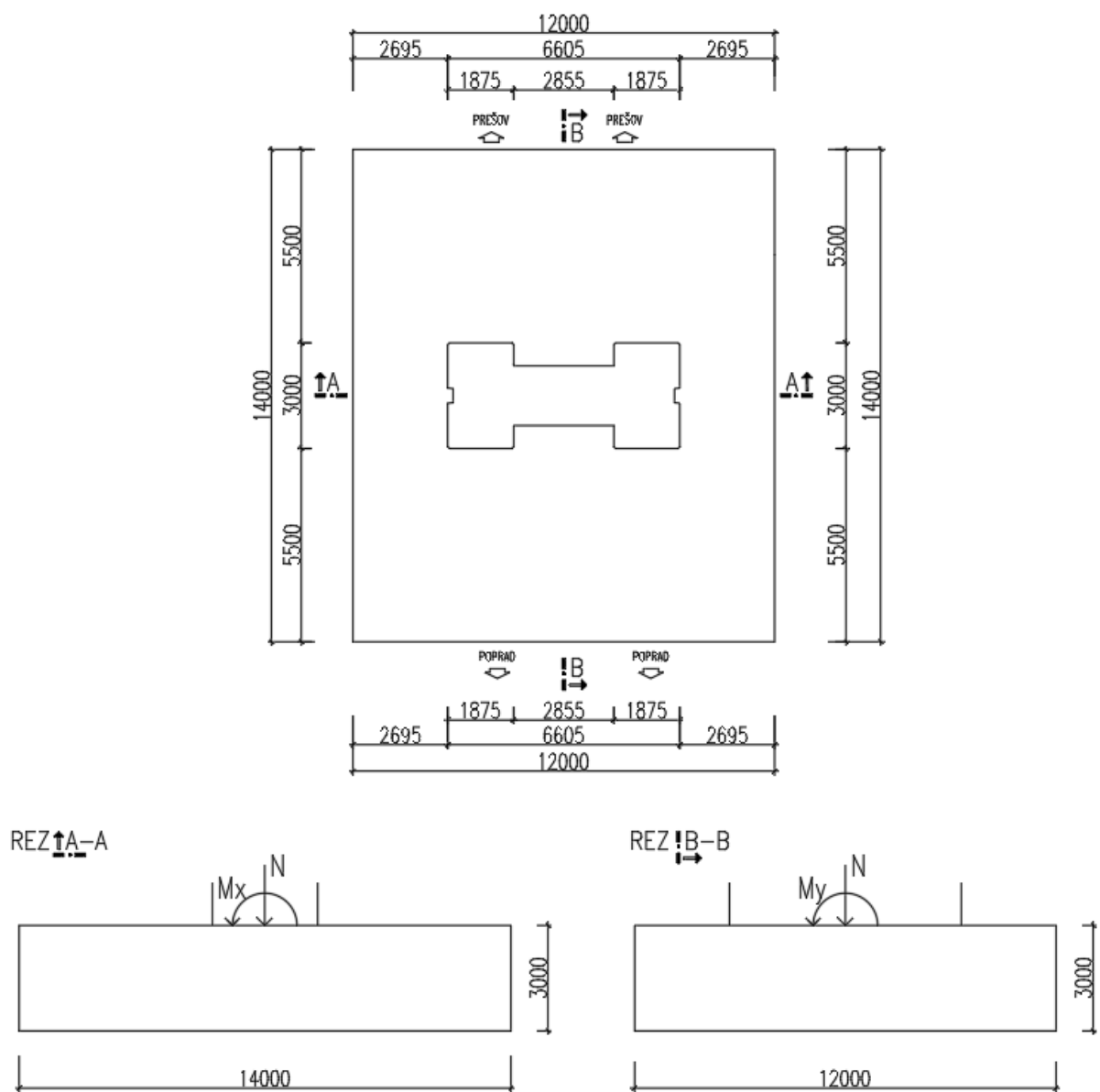
**Tab. 6:** Normové charakteristiky zemín pre výpočet

Hĺbka (m)	Trieda podľa ČSN 736133	Konzistencia	$E_{def}$ (MPa)	$\varphi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\nu$ (-)
0 - 1,3	F6/C1	tuhá	5	18	14	21	0,4
1,3 - 5,5	R6	-	35	31	9	22	0,35
5,5 - 12	R5	-	60	28	16	23	0,25



**Obr.17:** Schéma základovej pätky v základovej zemine

## PÔDORYS ZÁKLADOVEJ PÄTKY



**Obr. 18:** Rezy základovou pätkou

### Výpočet pre priaznivé pôsobenie vlastnej tiaže

Charakteristika vlastnej tiaže pätky:

$$G = (l \cdot b \cdot t \cdot \gamma_c) \cdot \gamma_G = (14 \cdot 12 \cdot 3 \cdot 25) \cdot 1,35 = 17010 \text{ kN}$$

Charakteristika vlastnej tiaže zäsypu pôsobiaceho na pätku:

$$Z = [(d - t) \cdot l \cdot b - (d - t) \cdot c_x \cdot c_y] \cdot \gamma_z = [(4-3) \cdot 14 \cdot 12 - (4-3) \cdot 6,6 \cdot 3] \cdot 21 = 4201,47 \text{ kN}$$

Výpočet excentricity zaťaženia v základovej špáre  $\gamma_G = 1,0$ :

$$e_x = M_y / (N + Z \cdot \gamma_G + G \cdot \gamma_G) = 26860 / (71160 + 4201,47 \cdot 1,0 + 17010 \cdot 1,0) = 0,290 \text{ m}$$

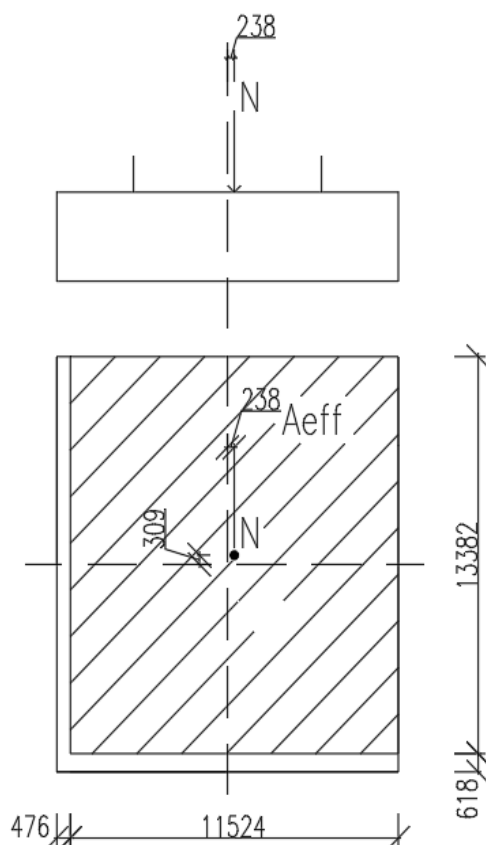
$$e_y = M_x / (N + Z \cdot \gamma_G + G \cdot \gamma_G) = 20655 / (71160 + 4201,47 \cdot 1,0 + 17010 \cdot 1,0) = 0,224 \text{ m}$$

Výpočet efektívnej plochy základovej pätky:

$$l_{\text{eff}} = l - 2 \cdot e_x = 14 - 2 \cdot 0,224 = 13,552 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = b - 2 \cdot e_y = 12 - 2 \cdot 0,290 = 11,420 \text{ m}$$

$$A_{\text{eff}} = b_{\text{eff}} \cdot l_{\text{eff}} = 13,552 \cdot 11,420 = 154,760 \text{ m}^2$$



**Obr. 19:** Schéma efektívnej plochy

Výpočtová únosnosť nehomogénnej základovej pôdy s využitím princípu homogenizácie

- Odhad hĺbky dosahu šmykovej plochy:

1.vrstva F6/Cl .....  $z_s = b$

2.vrstva R6 .....  $z_s = 2b$

3.vrstva R5 .....  $z_s = b$

Zvolené  $z_s = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 11,420 = 17,130 \text{ m}$

Z toho 1,3 m prechádza 1.vrstvou, 4,2 m prechádza 2.vrstvou, 11,620 m prechádza 3.vrstvou.

Váhový priemer z  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ .

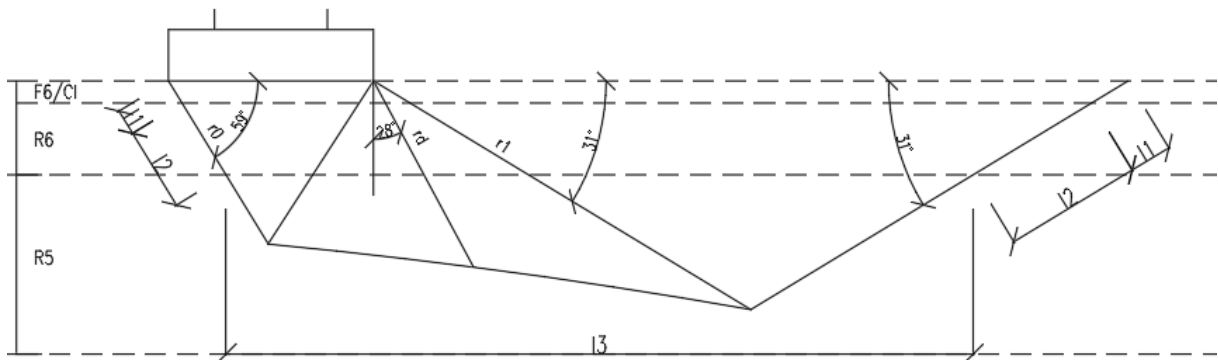
$$\varphi = (h_1 \cdot \varphi_1 + h_2 \cdot \varphi_2 + h_3 \cdot \varphi_3) / z_s = (1,3 \cdot 18 + 4,2 \cdot 31 + 11,786 \cdot 28) / 17,286 = 28^\circ$$

- Výpočet parametrov šmykovej plochy:

$$r_0 = b / (2 \cdot \cos(45 + \varphi/2)) = 11,420 / (2 \cdot \cos(45 + 28/2)) = 11,087 \text{ m}$$

$$r_1 = r_0 \cdot e^{\pi/2 \cdot \tan \varphi} = 11,087 \cdot e^{\pi/2 \cdot \tan 28} = 25,553 \text{ m}$$

$$r_d = r_0 \cdot e^{(\pi/4 + \varphi/2 \cdot \pi/180) \cdot \tan \varphi} = 11,087 \cdot e^{(\pi/4 + 28/2 \cdot \pi/180) \cdot \tan 28} = 19,158 \text{ m}$$



Obr. 20: Schéma šmykovej plochy

- Homogenizácia podložia

$$\varphi_d = (\varphi_1 \cdot (l_1 + l_1) + \varphi_2 \cdot (l_2 + l_2) + \varphi_3 \cdot l_3) / \sum l = (18 \cdot (1,525 + 2,505) + 31 \cdot (8,095 + 4,925) + 28 \cdot 43,715) / 60,765 = 27,98^\circ$$

$$c_d = (c_1 \cdot (l_1 + l_1) + c_2 \cdot (l_2 + l_2) + c_3 \cdot l_3) / \sum l = (1 \cdot (1,525 + 2,505) + 9 \cdot (8,095 + 4,925) + 16 \cdot 43,715) / 60,765 = 14,236 \text{ kPa}$$

Výpočet zvislej únosnosti s priaznivým pôsobením vlastnej tiaže:

- Súčiniteľ únosnosti:

$$N_q = \operatorname{tg}^2 \cdot (45 + \varphi/2) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} = \operatorname{tg}^2 \cdot (45 + 27,98 / 2) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(27,98)} = 14,687$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \cotg \varphi = (14,687 - 1) \cdot \cotg 27,98 = 25,763$$

$$N_\gamma = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi = 2,0 \cdot (14,687 - 1) \cdot \operatorname{tg} 27,98 = 14,543$$

- Súčiniteľ tvaru základu:

$$s_q = 1 + b_{\text{eff}} / l_{\text{eff}} \cdot \sin \varphi = 1 + (11,420 / 13,552) \cdot \sin 27,89 = 1,394$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) = (1,394 \cdot 14,687 - 1) / (14,687 - 1) = 1,423$$

$$s_y = 1 - 0,3 \cdot b_{\text{eff}} / l_{\text{eff}} = 1 - 0,3 \cdot 11,420 / 13,552 = 0,747$$

- Súčiniteľ vplyvu hĺbky založenia:

$$d_q = 1,0$$

$$d_c = 1,0$$

$$d_y = 1,0$$

- Súčiniteľ šikmej základovej špáry:

$\alpha$  – sklon základovej špáry

$$\alpha = 0^\circ$$

$$i_q = i_c = i_\gamma = 1,0$$

$$b_q = (1 - \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2 = (1 - 0 \cdot \operatorname{tg} 27,98)^2 = 1,0$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1 - 0 = 1,0$$

$$b_y = 1,0$$

- Súčiniteľ vplyvu šikmého terénu:

$\beta$  – sklon terénu

$$\beta = 0$$

$$g_q = g_y = g_c = 1,0$$

- Hĺbka založenia základu:

$$q_o = \gamma \cdot d = 21 \cdot 4,0 = 84 \text{ kPa}$$

- Výsledná zvislá únosnosť základovej pôdy a jej redukcia súčiniteľom  $\gamma_{Dv} = 1,4$ :

$$R_d = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q_0 \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \gamma \cdot b/2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot c_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma =$$

$$14,236 \cdot 25,763 \cdot 1,423 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 84 \cdot 14,687 \cdot 1,394 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 21 \cdot$$

$$11,420 / 2 \cdot 14,543 \cdot 0,747 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3644,348 \text{ kPa}$$

- Výpočtová únosnosť základovej pôdy:

$$R_d / \gamma_{Dv} = 3644,348 / 1,4 = 2603,106 \text{ kPa}$$

- Extrémne kontaktné napätie v základovej špáre:

$$\sigma = (N + Z \cdot \gamma_G + G \cdot \gamma_G) / A_{\text{eff}} = (71160 + 4201,47 \cdot 1,0 + 17010 \cdot 1,0) / 154,760 = 563,322 \text{ kPa}$$

$$R_d > \sigma$$

$$2603,106 > 563,322 \text{ kPa} - \text{VYHOVUJE}$$

- Využitie:

$$V_u = \sigma / R_d \cdot 100\% = 563,322 / 2603,106 \cdot 100\% = 21,6 \%$$

Výpočet vodorovnej únosnosti priaznivým pôsobením vlastnej tiaže:

- Hodnota zemného odporu v kľude:

$$S_{pd} = S_p / \gamma_{mR} = 1697,748 / 1,3 = 1305,96 \text{ kN}$$

- Výsledná zvislá sila v základovej špáre:

$$Q = N + Z + G = 71160 + 4201,47 + 17010 = 92371,47 \text{ kN}$$

- Výsledná vodorovná únosnosť základovej pôdy:

$$R_{dh} = (Q \cdot \tan \varphi + S_{pd}) / \gamma_{Rh} = (92371,47 \cdot \tan 18 + 1305,96) / 1,1 = 28472,063 \text{ kN}$$

Využitie:

$$V_u = (H / R_{dh}) \cdot 100 = (0 / 28472,063) \cdot 100 = 0,0 \%$$

2MS – Použitelnosti – sadanie základu

- Prevádzkové zaťaženie:

$$Q_{ds} = Q / \gamma_f = 92371 / 1,2 = 76975,833 \text{ kN}$$

- Oedometrický modul:

$$\beta_i = 1 - 2 \cdot v^2 / (1 - v) = 1 - 2 \cdot v^2 / (1 - v)$$

$$\beta_1 = 1 - 2 \cdot v^2 / (1 - v) = 1 - 2 \cdot 0,4^2 / (1 - 0,4) = 0,467$$

$$\beta_2 = 1 - 2 \cdot v^2 / (1 - v) = 1 - 2 \cdot 0,35^2 / (1 - 0,35) = 0,623$$

$$\beta_3 = 1 - 2 \cdot v^2 / (1 - v) = 1 - 2 \cdot 0,25^2 / (1 - 0,25) = 0,835$$

$$E_{oed,i} = E_{def,i} / \beta_i$$

$$E_{oed,1} = E_{def,1} / \beta_1 = 5 / 0,467 = 10,707 \text{ MPa}$$

$$E_{oed,2} = E_{def,2} / \beta_2 = 35 / 0,623 = 56,180 \text{ MPa}$$

$$E_{oed,3} = E_{def,3} / \beta_3 = 60 / 0,835 = 71,856 \text{ MPa}$$

- Tuhosť základu:

$$K = E / E_{def} \cdot (t / b)^3 = 35 / 5 \cdot (3 / 11,420)^3 = 0,127$$

$K < 1$ , základová konštrukcia je poddajná

- Zaťaženie (napätie) v základovej špáre od základu:

$$\sigma_{ds} = Q_{ds} / (b_{eff} \cdot l_{eff}) = 76975,833 / (11,420 \cdot 13,552) = 497,376 \text{ kPa}$$

- Pritženie v základovej špáre:

$$\sigma_{ol} = \sigma_{ds} - \gamma \cdot t = 497,376 - 21 \cdot 3 = 434,376 \text{ kPa}$$

- Geostatické zvislé napätie:

$$\sigma_{zi} = \sigma_{ol} \cdot I_{ch}(z)$$

$$z_1 / b = 0,05; I_{ch1} = 0,996; \sigma_{z1} = 434,376 \cdot 0,996 = 432,639 \text{ kPa}$$

$$z_2 / b = 0,295; I_{ch2} = 0,580; \sigma_{z1} = 434,376 \cdot 0,580 = 251,938 \text{ kPa}$$

$$z_3 / b = 0,933; I_{ch3} = 0,240; \sigma_{z1} = 434,376 \cdot 0,240 = 104,250 \text{ kPa}$$

- Pôvodne geostatické napätie:

$$\sigma_{or} = \gamma_i \cdot (z_i + t)$$

$$\sigma_{or1} = 21 \cdot (0,65 + 3) = 76,65 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{or2} = 22 \cdot (3,4 + 3) = 140,8 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{or3} = 23 \cdot (10,75 + 3) = 316,25 \text{ kPa}$$

- Opravný súčiniteľ m

$$m_1 = 0,1; m_2 = 0,4; m_3 = 0,3$$



$$s_i = \sum (\sigma_{zi} - m_i \cdot \sigma_{or} / E_{oed,i}) \cdot h_i$$

$$s_1 = ((432,639 - 0,1 \cdot 76,65) / 10,707) \cdot 1,3 = 51,599 \text{ mm}$$

$$s_2 = ((251,938 - 0,4 \cdot 134,8) / 56,180) \cdot 4,2 = 14,804 \text{ mm}$$

$$s_3 = ((104,250 - 0,3 \cdot 71,025) / 71,856) \cdot 10,5 = 12,120 \text{ mm}$$

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 51,599 + 14,804 + 12,120 = 78,523 \text{ mm}$$

Celkové sadnutie základu je 78,523 mm. Je väčšia ako prípustná hodnota pre železobetónové staticky neurčité konštrukcie (50mm). Návrhová základová päťka nevyhovuje.

$$50\text{mm} < 78,523\text{mm}$$

Nevyhovuje

**Je potrebné navrhnuť hlbinné základy.**

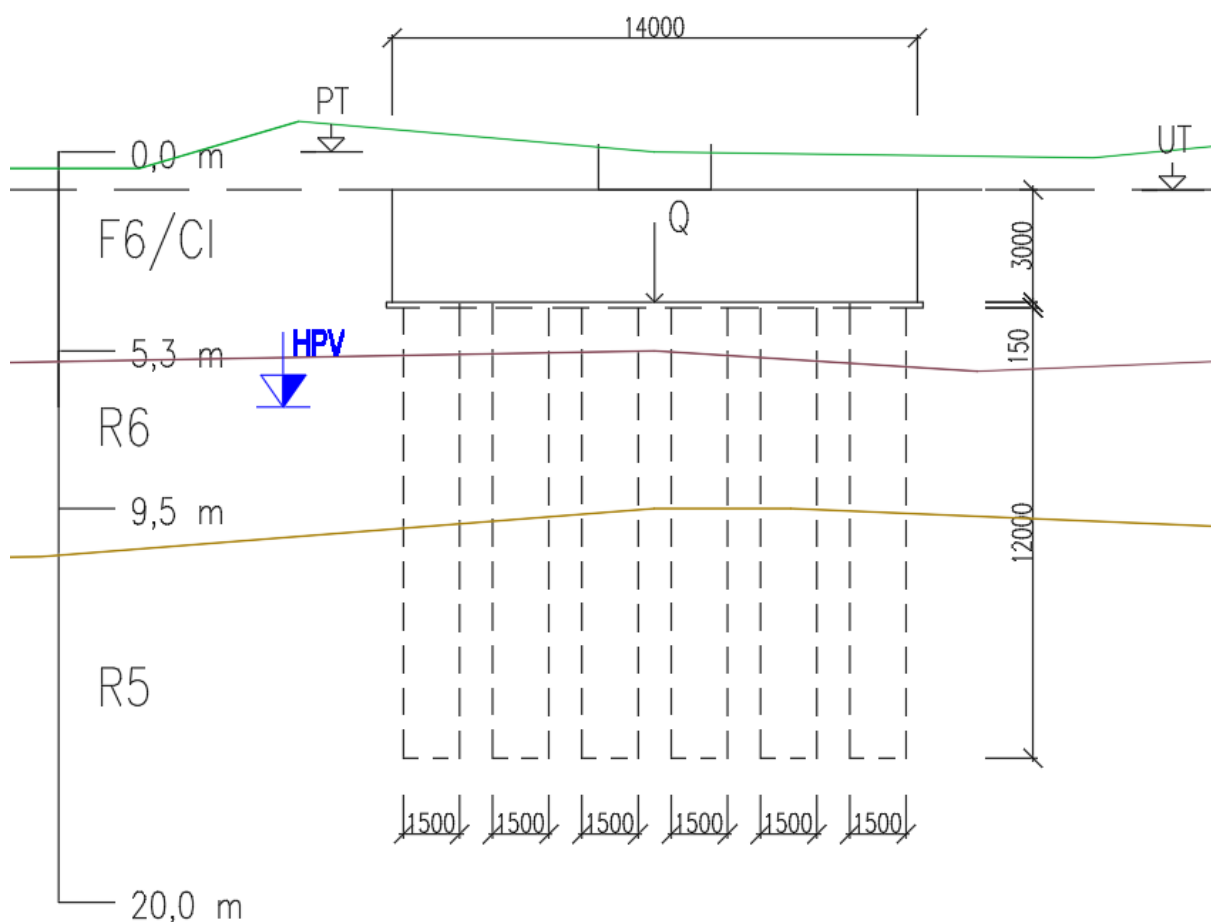
#### 4.4.1 VÝPOČET PILÓTY $\phi$ 1500 mm

Z dôvodu nevyhovujúceho sadania základovej päťky je navrhnuté hlbinné zakladanie pod päťku. Ako hlbinné zakladanie sú navrhnuté vŕtané pilóty. Osová sila je použitá z výpočtu základovej päťky, ako výsledná zvislá sila v základovej škáre  $Q = 92371,47 \text{ kN}$ . A momentmi  $M_x = 20655 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 26860 \text{ kNm}$ . Výpočet bude zhotovený pre najviac zaťaženú pilótu s osovou silou  $N_d = 3290 \text{ kN}$ . Výpočet bol vykonaný podľa 1. a 2. skupiny medzných stavov.

**Tab. 7:** Normové charakteristiky zemín pre výpočet

Hĺbka (m)	Trieda podľa ČSN 736133	Konzistencia	$E_{def}$ (MPa)	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\nu$ (-)
0 - 1,3	F6/C1	Tuhá	5	18	14	21	0,4
1,3 - 5,5	R6	-	35	31	9	22	0,35
5,5 - 12	R5	-	60	28	16	23	0,25

5,5 – 20m - Íľovce s prechodom do prachovcov, sivej farby s hrdzavými zátekmi po puklinách a plochách vrstevnatosti, silno až stredne zvetrané w3-w2, laminované veľmi nízkej pevnosti (R5), ojedinele sú íľovce tenkodoskovité veľmi nízkej až nízkej pevnosti (R5-R4). Vo vrstve sú veľmi ojedinelé polohy tenkodoskovitých jemnozrnných pieskovcov, veľmi nízkej pevnosti (R5-R4).


$$P = Q/n = 92371,47 / 28 = 3290 \text{ kN}$$

Zaťaženie na pilótu

$$N_d = 3290 \text{ kN}$$

Zvislá návrhová únosnosť – 1. medzný stav:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq N_d$$

$U_{vd}$  – zvislá návrhová únosnosť

$U_{bd}$  – návrhová únosnosť päty pilóty

$U_{fd}$  – návrhová únosnosť na plášti pilóty

$V_d$  – zvislá zložka návrhového zaťaženia pôsobiaceho v hlave pilóty

1. Návrhová únosnosť päty:

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d / \gamma_b$$

$$\gamma_b = 1,1$$

$$k_1 = 1,15 \text{ (} L = 12\text{m)}$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 1,5^2 / 4 = 1,767\text{m}^2$$

$$R_d = 1,2 \cdot c_d \cdot N_{cd} + (1 + \sin \varphi_d) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_{dd} + 0,7 \cdot \gamma_2 \cdot d / 2 \cdot N_{bd}$$

$$\varphi_k = \varphi_d = 28^\circ \text{ (} \gamma_M = 1,0), c_d = c_k = 16 \text{ kPa}$$

Súčinitele únosnosti:

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \tan \varphi_d) \cdot \tan^2(45 + \varphi_d / 2)$$

$$N_{dd} = \exp(\pi \cdot \tan 28) \cdot \tan^2(45 + 28 / 2) = 14,714$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (N_{dd} - 1) \cdot \tan \varphi_d$$

$$N_{bd} = 1,5 \cdot (14,714 - 1) \cdot \tan 28 = 10,938$$

$$N_{cd} = (N_{dd} - 1) \cdot \cotg \varphi_d$$

$$N_{cd} = (14,714 - 1) \cdot \cotg 28 = 25,792$$

Priemerná objemová hmotnosť zeminy:

$$\gamma_1 = \sum_{i=1}^n h_i \cdot \gamma_i / \sum_{i=1}^n h_i$$

$$\gamma_1 = (1,3 \cdot 21 + 4,2 \cdot 22 + 6,5 \cdot 23) / 12,0 = 22,433 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 23 \text{ kN/m}^3$$

$$R_d = 1,2 \cdot 18 \cdot 13,643 + (1 + \sin 18,667) \cdot 22,433 \cdot 12 \cdot 5,609 + 0,7 \cdot 23 \cdot 1,5 / 2 \cdot 2,335 = 6447,786 \text{ kPa}$$

$$U_{bd} = 1,15 \cdot 1,767 \cdot 6447,786 / 1,1 = 11911,112 \text{ kN}$$

2. Návrhová únosnosť plášťa pilóty:

$$U_{fd} = \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s$$

$$\gamma_s = 1,1$$

Trenie na plášti:

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \tan(\varphi_d / \gamma_{r1}) + c_d / \gamma_{r2}$$

Kontaktné napätie a súčiniteľ bočného tlaku:

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori}$$

$$k_2 = 1,0 \text{ (} z \leq 10,0 \text{ m)}$$

$$k_2 = 1,2 \text{ (} z > 10,0 \text{ m)}$$

Súčiniteľ podmienok pôsobenia od základovej pôdy:

$\gamma_{r1} = 1,2$  (betonáž pilóty do vrtu bez výpažnice po vyčerpaní vody, betonáž do vrtu chráneného oceľovou výpažnicou pri oddelenej betonáži)

$$\gamma_{r2} = 1,1 \text{ (} 2,0 < z \leq 3,0 \text{ m)}$$

$$\gamma_{r2} = 1,0 \text{ (} z > 3,0 \text{ m)}$$

Výpočtové hodnoty:

$$\gamma_d = \gamma' / \gamma_{m\gamma} \qquad \gamma_{m\gamma} = 1,0$$

$$\varphi_d = \varphi' / \gamma_{m\varphi} \qquad \gamma_{m\varphi} = 1,5 \text{ pre } \varphi' \geq 12^\circ$$

$$c_d = c' / \gamma_{mc}$$

$$\gamma_{mc} = 2,0$$

Geostatické, kontaktné napätie a trenie na plášti:

hĺbka 0,0 – 1,3 m:  $\sigma_{or1} = 0,65 \cdot 21 = 13,65 \text{ kPa}$

$$\sigma_{x1} = 1,0 \cdot 13,65 = 13,65 \text{ kPa}$$

$$f_{s1} = 13,65 \cdot \tan 12,857^\circ + 7/1,3 = 8,500 \text{ kPa}$$

hĺbka 1,3 – 5,5 m:  $\sigma_{or2} = 1,3 \cdot 21 + 2,1 \cdot 22 = 73,5 \text{ kPa}$

$$\sigma_{x2} = 1,0 \cdot 73,5 = 73,5 \text{ kPa}$$

$$f_{s2} = 73,5 \cdot \tan 20,667^\circ + 4,5/1,0 = 32,225 \text{ kPa}$$

hĺbka 5,5- 12 m:  $\sigma_{or3} = 1,3 \cdot 21 + 4,2 \cdot 22 + 3,25 \cdot 23 = 194,45 \text{ kPa}$

$$\sigma_{x3} = 1,2 \cdot 194,45 = 233,34 \text{ kPa}$$

$$f_{s3} = 233,34 \cdot \tan 18,667^\circ + 18/1,0 = 86,831 \text{ kPa}$$

$$U_{fd} = \pi \cdot 1,5 \cdot (1,3 \cdot 8,500 + 4,2 \cdot 32,225 + 6,5 \cdot 86,831)/1,1 = 3045,045 \text{ kN}$$

Návrhová únosnosť pilóty:

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} = 11911,112 + 3045,045 = 14956,157 \text{ kN}$$

$$U_{bd} > N_d \quad 14956,157 > 3290 \text{ kN} = N_d \quad \text{Vyhovuje}$$

Posúdenie pilóty na 2. medzný stav:

**Tab. 8:** Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy

Číslo	Trieda vrstvy	Vzdialenosť od do (m)	Hrúbka vrstvy (m)	$I_c$	a (kPa)	b (kPa)	e (kPa)	f (kPa)
1.	F6/Cl	0 - 1,3	1,3	1	97,31	108,59	-	-
2.	R6	1,3 – 5,5	4,2	-	97,31	108,59	-	-
3.	R5	5,5 - 12	6,5	-	131,92	94,96	957,61	703,89

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu}$$

$R_{bu}$  – medzná únosnosť

$R_{su}$  – medzná únosnosť na plášti pilóty

$R_{pu}$  – medzná únosnosť päty pilóty

Medzná únosnosť na plášti pilóty:

$$R_{su} = 0,7 \cdot m_2 \cdot \pi \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$$

Koeficient podľa druhu zaťaženia:

$m_1 = 0,7$  – zaťaženie prevádzkové

Koeficient podľa povrchu pilóty:

$m_2 = 1,0$  – zaťaženie prevádzkové

Medzné plášťové trenie:

$$q_{si} = a - b / (D_i / d_i)$$

$$q_{s1} = a - b / (D_1 / d_1) = 97,31 - 108,59 / 0,433 = -153,475 \text{ kPa}$$

$$q_{s2} = a - b / (D_2 / d_2) = 97,31 - 108,59 / 2,267 = 56,594 \text{ kPa}$$

$$q_{s3} = a - b / (D_3 / d_3) = 131,92 - 94,96 / 5,833 = 115,640 \text{ kPa}$$

$$R_{su} = 0,7 \cdot \pi \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot (1,3 \cdot 0 + 4,2 \cdot 56,594 + 6,5 \cdot 115,640) = 3263,557 \text{ kPa}$$

Veľkosť napätia na päte pilóty pri deformácii zodpovedajúcej plnej mobilizácii plášťového trenia:

$$q_0 = e - f / (L / d_0) = 957,61 - 703,89 / (12 / 1,5) = 869,624 \text{ kPa}$$

Priemerná veľkosť plášťového trenia:

$$q_s = \sum q_{si} \cdot d_i \cdot h_i / \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i$$

$$q_s = 1,5 \cdot (1,3 \cdot 0 + 4,2 \cdot 56,594 + 6,5 \cdot 115,640) / (1,5 \cdot (1,3 + 4,2 + 6,5)) = 185,504 \text{ kPa}$$

Koeficient prenosu zaťaženia od päty pilóty:

$$\beta = q_0 / (q_0 + 4 \cdot q_s \cdot L / d_0) = 869,624 / (869,624 + 4 \cdot 185,504 \cdot 12 / 1,5) = 0,128$$

Zaťaženie v hlave pilóty na medzi mobilizácie plášťového trenia:

$$R_y = R_{su} / (1 - \beta) = 3263,557 / (1 - 0,128) = 3742,611 \text{ kN}$$

Priemerný modul deformácie:

$$E_{s1} = 13,11 \text{ MPa}, E_{s2} = 22,43 \text{ MPa}, E_{s3} = 67,89 \text{ MPa}$$

$$E_s = \sum E_{si} \cdot h_i / \sum h_i$$

$$E_s = 13,11 \cdot 1,3 + 22,43 \cdot 4,2 + 67,89 \cdot 6,5 / 12 = 46,045 \text{ MPa}$$

Základný koeficient sadania pilóty stanovený z grafu na základe pomeru dĺžky pilóty D a priemeru pilóty d:

$$I_1 = 0,18$$

Korelačný súčiniteľ stanovený z grafu na základe tuhosti pilóty K a štíhlostného pomeru L/d:

$$K = E_b / E_s = 26\,000 / 46,045 = 564,66$$

$$L / d = 12 / 1,5 = 8$$

$$R_k = 1,15$$

Koeficient sadania pilóty, kde hodnoty  $I_1$  a  $R_k$  odčítame z grafu:

$$I = I_1 \cdot R_k = 0,18 \cdot 1,15 = 0,207$$

Zodpovedajúca hodnota sadania pilóty:

$$s_y = I \cdot R_y / d \cdot E_s = 0,207 \cdot 3742,611 / 1,5 \cdot 46,045 = 11,217 \text{ mm}$$

Zaťaženie zodpovedajúce deformácii 25 mm:

$$R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25} / s_y = 0,128 \cdot 3742,611 \cdot 25 / 11,217 = 1067,697 \text{ kN}$$

Medzná únosnosť pilóty pre  $s = 25 \text{ mm}$

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} = 3263,557 + 1067,697 = 4331,254 \text{ kN}$$

Celkové sadanie pilóty:

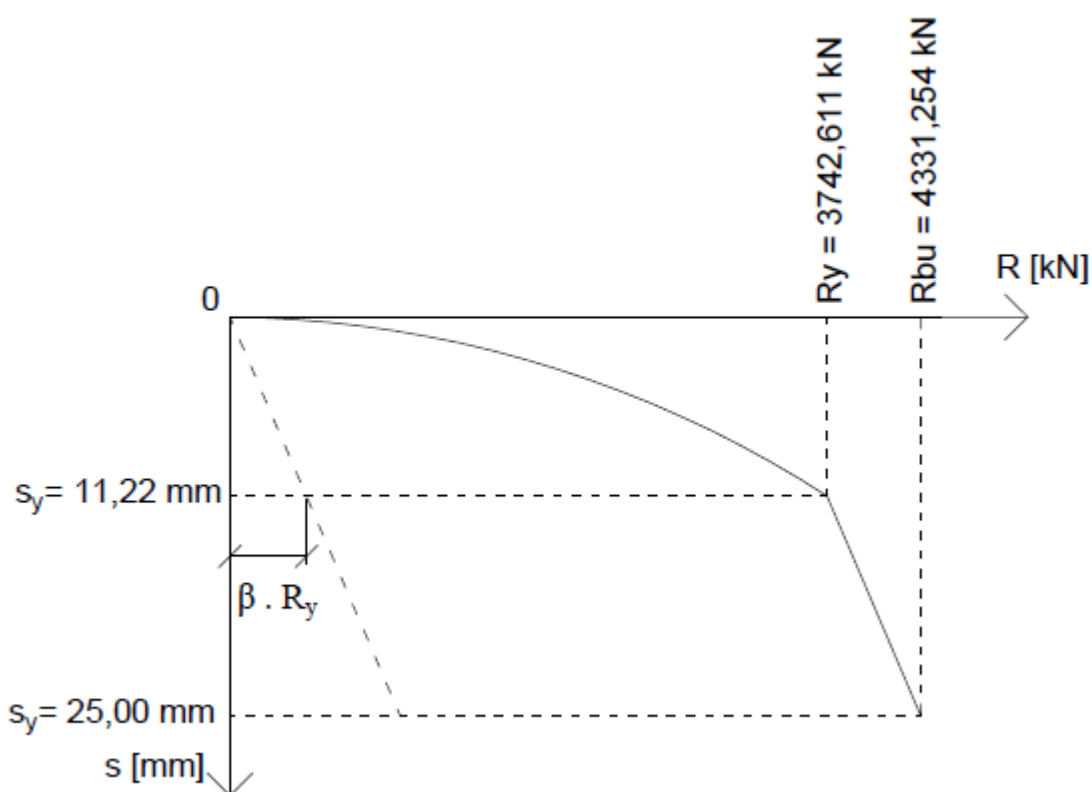
$$s = s_y \cdot (R / R_y)^2 \text{ pre hodnoty } 0 \leq R \leq R_y$$

$$s = 11,217 \cdot (3290 / 3742,611)^2 = 8,668 \text{ mm}$$

Celkové sadanie pilóty je 8,668 mm.

$$8,668 < 25 \text{ mm}$$

Vyhovuje



**Obr. 22:** Medzná zaťažovacia krivka pilóty

### Výsledné zhodnotenie a porovnanie výpočtov

- Základová päťka

Päťka vyhovela na 1. medzný stav s rezervou 21,64 %. Pri riešení 2.medzného stavu nastal problém s nadmerným sadaním a bolo nutné navrhnuť pod základovú päťku hlbinné základy.



Vzájomné porovnanie ručného výpočtu a výpočtu riešeným v programe GEO5 je znázornené v tab. 9 a tab. 10.

**Tab. 9:** Porovnanie výsledkov pre 1.MS – základová päťka

1.MS	$R_d$ [kN]	$R_{dh}$ [kN]	$\sigma$ [kPa]
Ručný výpočet	2603,106	28472,000	563,22
GEO 5	2603,440	28806,610	596,90

**Tab. 10:** Porovnanie výsledkov pre 2.MS – pilóta

2.MS	$S_{pd}$ [kN]	$s$ [mm]
Ručný výpočet	1305,96	78,523
GEO 5	1305,96	63,700

- Hlbinný základ – pilóta

Pri navrhnutom priemere 1,5 m a dĺžke 12 m, pilóta vyhovela na 1.MS s rezervou 22%. 2.MS vyhovela, sadnutie konštrukcie je menšie ako  $s_{lim} = 25\text{mm}$ . Vzájomné porovnanie ručného výpočtu a výpočtu riešeným v programe GEO5 je znázornené v tab. 11 a tab. 12.

**Tab. 11:** Porovnanie výsledkov pre 1.MS – pilóta

1.MS	$U_{bd}$ [kN]	$U_{fd}$ [kN]	$U_{vd}$ [kN]
Ručný výpočet	11911,112	3045,045	14956,157
GEO 5	10362,66	2981,16	13343,81

**Tab. 12:** Porovnanie výsledkov pre 2.MS – pilóta

2.MS	$R_y$ [kN]	$R_{bu}$ [kN]	$s_y$ [mm]
Ručný výpočet	3742,611	4331,254	11,2
GEO 5	3843,500	4731,900	9,3

Z ekonomického hľadiska môžeme skonštatovať, že pri hlbinnom zakladaní stavieb je ekonomicky efektívnejšia technológia vŕtaných pilót, ale nie v každej situácii je ich použitie vhodnejšie z hľadiska iných parametrov, ako napr. pri nesúdržných zeminách.

**Tab. 13:** Ekonomické porovnanie technológií použitia razených a vŕtaných

Druh	J.cena / bm	bm	Suma celkom (€)
Razené pilóty	110	336	26960
Vŕtané pilóty	75	336	25200

**Tab. 14:** Cena za základovú pätku

Druh	J.cena	m3	Suma celkom (€)
Základová pätká	130	504	65520

Na základe výpočtu ceny za základovú pätku a ceny vŕtaných pilót sa celková cena na výstavbu založenia mostného piliera vyšplhala na sumu okolo 90000 eur.

## **4.5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP PILÓTOVÉHO ZALOŽENIA MOSTNÉHO PILIERA**

Mostný pilier č 8. bude založený hlbinne a plošne tak, že základová pätká z betónu C35/45 bude podporená vŕtanými pilótami z betónu C 20/25. Na základe zhotoveného geologického prieskumu a vyhodnotení mechanických vlastností základových pôd bola zvolená metóda zhotovovania vŕtaných pilót priebežným šnekom (CFA). Na založenie objektu je navrhnutých 60 ks vŕtaných pilót. Priemer pilót je jednotný, teda Ø 1500 mm. Rozmiestnenie pilót pre založenie stavby je znázornené na schéme pilót.

Predpokladaná rýchlosť realizácie pilót technológie CFA pre túto stavbu je 16-17 ks za pracovanú zmenu (12 hodín).

### **4.5.1 PRACOVNÝ POSTUP PILOTÁŽE**

Pracovný postup pilotáže technológiu CFA sú rozdelené do jednotlivých krokov. Dôvodom navrhnutého riešenia je optimalizácia presunov vŕtacej súpravy a tiež možnosť zhotovenia

nadväzujúcich stavebných prác v priestore dokončených pilót. Uvedené pracovné fázy sú spoločné pre všetky realizované pilóty:

a) Prvá fáza

Zahájenie vrtu a postupné zavírtavanie priebežného šneku do zeminy na celú projektovanú hĺbku pilóty.

- Pri zavírtavaní nedochádza k nakopaniu vyvrtanej zeminy okolo vrtu.
- Uzavierateľná stredová rúra priebežného šneku musí byť pri vrtaní uzavretá z dôvodu zabránenia možného vniknutia vody a zeminy.

b) Druhá fáza

Zhotovenie betonáže stredovou rúrou priamo z betonážneho čerpadla za súčasného vyťahovania priebežného šneku.

- V priebehu vrtania treba napojiť hadicu čerpadla k rúre.
- Betónovanie čerstvým betónom triedy C20/25, zmes veľmi mäkká s vodným súčiniteľom  $v/c = 0,48 - 0,55$ , ktorý má spracovateľnosť danú stupňom sadnutia. Obsahuje prevažne oblé kamenivo s najväčším zrnom do 30 mm.
- Počas betonáže sa nesmie priebežný šnek otáčať, alebo je prípustné jeho otáčanie v rovnakom zmysle ako pri vrtaní.
- pretlak betónu pri päte pilóty zaisťuje, že vzniknutý priestor je zaplnený ihneď betónovou zmesou.
- v priebehu betonáže musí byť k dispozícii na stavenisku dostatočná zásoba betónu ( t.j. min. objem vykonávaných pilótov), aby betonáž drieku pilóty bola vykonaná plynulo a úplne od päty pilóty až po pracovnú úroveň. Rýchlosť betonáže musí byť min.  $8 \text{ m}^3 / \text{hod.}$
- Betónovať i do vrstvy zeminy, ktorá sa pri vyťahovaní šneku kopí v okolí vrtu. Tým sa zaisťujú požadovaná kvalita betónu aj v úrovni projektovanej hlavy pilóty.
- Ihneď po ukončení betonáže pilotov a vytiahnutí nástroja odstrániť nakopnutú zeminu pristaveným kolesovým nakladačom UNC 750.

c) Tretia fáza

- Vkládanie armokoša podľa PD z betonárskej ocele B 500 B (nosná výstuž) a B 500 A (strmene).
- Vkládanie armokoša do čerstvo vybetónovanej pilóty.
- Vykonať osadenie dištančných teliesok z PVC pre dosiahnutie min. krytia 70 mm.
- Konštrukcia spodného konca armokoša je mierne kónická a nemá pätný kríž.
- Zasúvanie armokoša sa do čerstvého betónu vykonávať najprv vlastnou tiažou armokoša a ďalej potom tlakom vhodného zariadenia (ideálne tlakom lyžice kolesového nakladača).
- Betonárska výstuž (armokoš) sa nesmie aplikovať do pilóty vibrovaním, pretože by mohlo dôjsť k roztriedeniu betónovej zmesi.
- V prípade väčšieho odporu pri zasúvaní armokoša využiť poklepom vhodného zariadenia (kolesový nakladač).

d) Štvrtá fáza

Dokončenie pilóty:

- Povrch hlavy pilóty upraviť do roviny pomocou ručného náradia (lopata, murárska lyžica).
- Hlavu dokončenej pilóty ochrániť pred poveternostnými vplyvmi prerytím geotextíliou, alebo lepenkou.

#### **4.5.2 STAVEBNÁ PRIPRAVENOSŤ STAVENISKA**

V rámci prípravných prác je potrebné vykonať šetrenie budúceho staveniska a preveriť stavebnú pripravenosť pre začatie prác. Ide o nasledujúce úkony:

- Overiť vhodné príjazdové komunikácie pre vrtnú súpravu (SOILMEC R 516) a auto domiešavač Iveco Trakker (objem 9 m<sup>3</sup>).
- Zhotovenie technologických úprav pilótovacej pláne.
- Vylúčenie možnosti výskytu podzemných i nadzemných inžinierskych sietí.

- Posúdenie vplyvu práce na okolité objekty.
- Zaistenie odvozu a uloženia vyvrtanej zeminy.
- Zaistenie stálego odberu vody a dostatočného príkonu elektrickej energie.
- Podmienkou pre zahájenie prác je vytýčenie hláv pilót geodetom a protokolárne predanie výškového i smerového usporiadania pilót, aj s vyznačením stredu hláv jednotlivých pilót a ich fixácia oceľovými tŕňmi v teréne.

## **Parametre zeminy**

Parametre kvality sa riadia kontrolným a skúšobným plánom vypracovaným pre danú stavbu. V priebehu prác je potrebné neustále kontrolovať zeminu vychádzajúcu na povrch a v prípade odlišností od projektu zastaviť práce a informovať stavebný dozor a projektanta stavby. Vrt každej pilóty musí byť vyvrtaný nepretržite. Ďalej musí byť vyhotovený protokol každej pilóty, ako výsledok monitorovacieho zariadenia pilótovacej súpravy. Pri čerstvom betóne vykonávať skúšku konzistencie, pri betonárni zabezpečiť vykonávanie kontrolných kockových skúšok pevnosti betónu a kontrolovať teplotu priebehu betonáže, ktorá nesmie klesnúť pod  $+ 5^{\circ} \text{C}$ . V opačnom prípade hlavy pilót chrániť pred premrznutím. Ďalej zabezpečiť a dokladovať všetky dodacie listy od zabudovaných materiálov.

## **Stroje, zariadenia a ľudské zdroje**

### **a) Stroje a zariadenia:**

- Výroba pilót bude vykonávaná vrtnou súpravou SOILMEC R 516.
- Bude použité čerpadlo betónovej zmesi MECBO CAR TRACK P4.65.
- Šmykom riadený kolesový nakladač UNC 750 pre manipuláciu s vyvrtanou zeminou a súčinnosť pri aplikácii armokoša do čerstvej betónovej zmesi,
- Auto domiešavač Iveco Trakker (objem 9 m<sup>3</sup>) pre zaistenie transportbetonu.

## 5 ZÁVER

Hlavnou úlohou bakalárskej práce bolo zoznámenie sa s problematikou plošného a hĺbkového zakladania stavieb, a to predovšetkým základovej pätky a pilotových základov. V teoretickej časti práce sú stručne popísané metódy plošného a hĺbkového zakladania, ktoré sú používané pre zakladanie stavieb.

Po teoretickej časti nasleduje praktická časť, ktorá sa zaoberá návrhom založenia mostného piliera. Tento most je postavený na okraji mesta Prešov a je súčasťou diaľničného obchvatu. Most je tvorený dvanástimi poľami. Na pilieroch 7 a 8 je zavesená mostovka. Ako objekt záujmu je návrh založenia pilieru 8. V oblasti piliera bol uskutočnený vrtný prieskum, kde boli zistené pôdne pomery. Na základe zaťaženia bola navrhnutá základová pätká s rozmermi 12 x 14 m a výškou 3 m. Výpočet bol vykonaný podľa 1. a 2. skupiny medzných stavov. Najprv bez použitia softvéru, následne bol tento výpočet doplnený výsledkami z programu GEO5. Výsledkom výpočtu základovej pätky bolo neprípustné sadanie konštrukcie. Preto bol výpočet doplnený návrhom veľkopriemerových pilót. Výpočet bol sústredený na naviac namáhanú pilótu priemeru 1500 mm a dĺžky 12 m. Tak ako pri výpočte základovej pätky, tak aj pri výpočte pilótového založenia, bol najprv urobený výpočet bez použitia softvéru a následne bol tento výpočet doplnený o výsledky z výpočtového programu GEO5.

Jedným z hlavných hľadísk, na ktoré investori pozerajú pri výbere druhu technológie na zakladanie stavieb, ale aj iných stavebných procesov, je ekonomickosť stavby. Preto je dôležité vždy nájsť tu správnu cestu, aby stavba bola technicko-ekonomicky najvhodnejšia.

V rámci tejto bakalárskej práce boli navrhnuté vŕtané pilóty a to z dôvodu ekonomickej efektivity.

Z ekonomického hľadiska môžeme skonštatovať, že pri hlbinnom zakladaní stavieb je ekonomicky efektívnejšia technológia vŕtaných pilót, ale nie v každej situácii je ich použitie vhodnejšie z hľadiska iných parametrov, ako napr. pri nesúdržných zeminách.

## 6 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] MASOPUST, J., GLISNÍKOVÁ, V. *Zakládání staveb, modul M01*. Brno, 2007. 182 s. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.
- [2] MASOPUST, J. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997*. Praha, 2012. 220 s. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKIT. ISBN 978-80.87438-31-2.
- [3] BERKA J., MATOUŠKOVÁ D. *STAVITĚLSTVÍ I*. Praha, 1984. 192 s. SNTL - Nakladatelství technické literatury.
- [4] MASOPUST, J., GLISNÍKOVÁ, V. *Zakládání staveb: Modul M01 zakládání staveb*. Brno, 2006. 182 s. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. ISBN 978-80-7204-538-9.
- [5] *TECHNOLOGIE. Pilotové pažicí stěny* [online]. 2007-2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-zakladani/obrjama332.html#obr332i>
- [6] ARSKÝ, Č., MUSIL, F., SVOBODA, P., LÍZAL, P., MOTYČKA, V., ČERNÝ, J.: *Technologie staveb II: PŘÍPRAVA A REALIZACE STAVEB*. Brno, 2013. 318 s. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. ISBN 80-7204-282-3.
- [7] KOČÍ, B. a kol. *Technologie pozemních staveb: Technologie stavebních procesů*. Brno, 1997. 319 s. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. ISBN 80-214-0354-3.
- [8] MASOPUST, J. *Vrtané piloty*. Praha, 1994. 263 s. Nakladatelství Čeněk a Ježek s.r.o.
- [9] SKULINOVÁ, D., PEŘINA, Z. *Pozemní stavitelství – základové konstrukce*. [online]. Dostupné z <http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/kesony.html>.
- [10] ÚSTAV TECHNOLOGIE, MECHANIZACE A ŘÍZENÍ STAVEB. *ZÁKLADY. Obecné konstrukční a technologické informace. Základy plošné. III. Základy hlubinné. IV. Speciální technologie pro spodní stavbu*. [online]. Dostupné z <https://docplayer.cz/68696022-Zaklady-obecne-konstrukcni-a-technologicke-informace-zaklady-plosne-iii-zaklady-hlubinne-iv-specialni-technologie-pro-spodni-stavbu.html>>.

- [11] LYSÁK, A. *Stoleté skúsenosti s pilotami Franki*. 2012. [online]. Dostupné z <<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/geotechnika/stolete-zkusenosti-spilotami-franki>>.
- [12] PILE INFO. *Franki Pile* [online]. 1998-2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <<http://www.geoforum.com/info/pileinfo/view.asp?ID=15>>.
- [13] OLEG, A. *Ohrievače vody plynové. Mikropiloty* 2018. [online]. Dostupné z <<https://ohrievacevodyplynove.blogspot.com/2018/10/mikropiloty.html>>.
- [14] *Mikropilóty*. 2016. [online]. Dostupné z <<https://www.geovrt.sk/mikropiloty>>.
- [15] *Keson*. 2018. [online]. Dostupné z <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Keson>>.
- [16] THE EDITORS OD ENCYCLOPAEDIA BRITTANICA. *Caisson*. 2014. [online]. Dostupné z <<https://www.britannica.com/technology/caisson>>.
- [17] KOČÍ, B. a kol. *Technologie pozemních staveb: Technologie stavebních procesů*. Brno, 1997. 319 s. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. ISBN 80-214-0354-3.
- [18] ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DYONÝZA ŠTÚRA. *Geologická mapa Slovenska 1:50000*. 2020. [online]. Dostupné z <<https://www.geology.sk/2018/02/28/geologicka-mapa-slovenska-150-000/>>.
- [19] KOLEKTIV AUTORU. *Guide to Czechoslovakia*. Praha: STN, 1965. 364 s. [online]. Dostupné z <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Pre%C5%A1ov>>.
- [20] KOLEKTIV AUTORU. *Zakládání staveb. Průzkum staveníště*. [online]. Dostupné z <<https://uloz.to/file/nGG50YtYp6yc/zemni-konstrukce-a-zakladani-staveb-1-pdf>>.
- [21] BROWN, A., STEVEN, D., DAPP, D., THOMPSON, W., LAZARTE, C. *Design and construction of continuous flight auger piles*. 2007. [online]. Dostupné z <<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/gec8/gec8.pdf>>.
- [22] KELLER. *Fca*. 2019. [online]. Dostupné z <<https://www.kellergrundbau.cz/technologie/cfa/>>.
- [23] KOŽLEJ Ľ., TÓTH, V., KUNDRÁT, K., KONERACKÝ, R. *Návrh mostného objektu v zosuvnom území*. 2019. [online]. Dostupné z <<https://www.asb.sk/stavebnictvo/inzinierske-stavby/mosty/navrh-mostneho-objektu-v-zosuvnom-uzemi>>.



- [24] ŽILINSKÝ, J., ADAMSKÁ, G., MIKLÓSIÁVA, T. *Konštrukcie pozemných stavieb. Konštrukcie spodnej stavby*. 2017. [online]. Dostupné z <[https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/dokumenty/skripta/Zilinsky\\_a\\_kol.\\_Konstrukcie\\_pozemnych\\_stavieb\\_Konstrukcie\\_spodnej\\_stavby\\_www.stranky.pdf](https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/dokumenty/skripta/Zilinsky_a_kol._Konstrukcie_pozemnych_stavieb_Konstrukcie_spodnej_stavby_www.stranky.pdf)>.
- [25] NOVÁK, M. *Způsoby hlubinného založení*. Bakalářská práce. Brno, 2012. 59 s. [online]. Dostupné z <[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=55894](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=55894)>
- [26] MASOPUST, J. *Vrtané piloty*. 1994. Čeňek a Ježek. 259 s. [online]. Dostupné z <[http://www.vrtanepiloty.cz/data/Technologie\\_provedeni\\_vrtanych\\_pilot.pdf](http://www.vrtanepiloty.cz/data/Technologie_provedeni_vrtanych_pilot.pdf)>.
- [27] MASOPUST, J., BENC, R. *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy. Odbor pozemních komunikací. Praha, 2020. [online]. Dostupné z <[http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_6\\_TKP/TKP\\_16.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_16.pdf)>.
- [28] ŠTUKAVEC, K. *Mikrokogenerace*. Bakalářská práce. Brno, 2010. 32 s. [online]. Dostupné z <[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=155261](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=155261)>.
- [29] KEKEL, R. *Lázně+*. Bakalářská práce. Brno, 2016. VUT. [online]. Dostupné z <[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=106741](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=106741)>.
- [30] [8]
- [31] TOMAN, J. *Základové konstrukce. Hlubinné základy – vertikální*. 2009. [online]. Dostupné z <<http://toman-stavby.webgarden.cz/zakladove-konstrukce/hlubinne-zaklady-vertikalni-3.html>>.
- [32] PŘIBYLOVÁ, G. *Plošné základy pro složité základové podmínky: Základové rošty a desky*. [online]. Dostupné z <https://www.estav.cz/cz/4794.plosne-zaklady-pro-slozite-zakladove-podminky-zakladove-rosty-a-desky>.

## **ZOZNAM TABULIEK**

Tab.1: Najčastejšie používané priemery varných a spojovateľných pažnic spoločne s príslušnými priermi vrtného zariadenia.

Tab.2: Minimálne vystuženie železobetónových vrtných pilót

Tab.3: Technológia vrtnania maloprofilových vrtov

Tab.4: Identifikačné údaje mosta

Tab.5: Základné údaje o moste

Tab.6: Normové charakteristiky zemín pre výpočet

Tab.7: Normové charakteristiky zemín pre výpočet

Tab.8: Regresné koeficienty a medzné plášťové trenie i-tej vrstvy

Tab.9: Porovnanie výsledkov pre 1.MS – základová päťka

Tab.10: Porovnanie výsledkov pre 2.MS – pilóta

Tab.11: Porovnanie výsledkov pre 1.MS – pilóta

Tab.12: Porovnanie výsledkov pre 2.MS – pilóta

Tab. 13: Ekonomické porovnanie technológií použitia razených a vrtných

Tab. 14: Cena za základovú päťku

## **ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1: Základový rošt

Obr. 2: Základové pätky

Obr. 3: Kesóny

Obr. 4: Schéma studne

Obr. 5: Európska klasifikácia pilót

Obr. 6: Druhy pilót: opreté, votknuté, plávajúce

Obr. 7: Používané vrtné nástroje

Obr. 8: Technologický postup vyhotovenia pilóty (CFA) priebežným šneko

Obr. 9: Príklady razených pilót

Obr. 10: Postup pilotáže predraženej pilóty Franki

Obr. 11: Pohľad na „cibuľu“ pilóty Franki

Obr. 12: Hlava mikropilóty

Obr. 13: Časti mikropilóty

Obr. 14: Umiestnenie stavby

Obr. 15: Poloha staveniska

Obr. 16: Geologická mapa

Obr. 17: Schéma základovej pätky v základovej zemine

Obr. 18: Rezy základovou pätkou

Obr. 19: Schéma efektívnej plochy

Obr. 20: Schéma šmykovej plochy

Obr. 21: Schéma pilótového základu

Obr. 22: Medzná zaťažovacia krivka pilóty

## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

IC	stupeň konzistencie
ID	relatívna uľahlosť
$\gamma$	objemová tiaž zeminy
$\gamma'$	efektívna objemová tiaž zeminy
$\varphi'$	efektívny uhol vnútorného trenia
$c'$	efektívna súdržnosť (kohézia)
$c_u$	totálna súdržnosť
$\nu$	poissonov súčiniteľ
$U_{vd}$	zvislá návrhová únosnosť
$U_{bd}$	návrhová únosnosť päty pilóty
$U_{fd}$	návrhová únosnosť na plášti pilóty
$k_1$	súčiniteľ, vyjadrujúci zväčšenie únosnosti vplyvom dĺžky pilóty
$A_s$	plocha päty pilóty
$R_d$	výpočtová únosnosť päty pilóty v zeminách
$\gamma_b$	súčiniteľ redukujúci únosnosť päty pilóty
$d$	priemer pilóty
$\pi$	Ludolfovo číslo
$N_c, N_b, N_d$	súčinitele únosnosti
$L$	dĺžka pilóty
$\gamma_1$	priemerná efektívna objemová tiaž zeminy pozdĺž drieku pilóty
$h_i$	mocnosť i-tej vrstvy zeminy
$\gamma_2$	efektívna objemová tiaž zeminy pod päťou pilóty
$\gamma_s$	súčiniteľ redukujúci plášťovú únosnosť pilóty
$f_{si}$	trenie na plášti pilóty
$\sigma_{xi}$	kontaktné napätie v i-tej vrstve

$D_i$	vzdialenosť od hlavy pilóty do poloviny i-tej vrstvy
$R_{bu}$	medzná únosnosť
$R_{su}$	medzná únosnosť na plášti pilóty
$R_{pu}$	medzná únosnosť päty pilóty
$m^2$	čiasťkový koeficient vyjadrujúci vplyv plochy drieku
$q_{si}$	medzné plášťové trenie v i-tej vrstve
a, b	regresné koeficienty
$\beta$	koeficient prenosu zaťaženia do päty pilóty
$R_y$	zaťaženie v hlave pilóty na medze mobilizácie plášťového trenia
$s_y$	veľkosť sadania odpovedajúci $R_y$
$q_0$	napätie na päte pilóty pri deformácii odpovedajúcej plnej mobilizácii plášťového trenia
$d_0$	priemer pilóty v päte
e, f	regresné koeficienty
I	príčinkový koeficient sadania pilóty
$I_1$	základný príčinkový koeficient
$R_k$	korekčný súčiniteľ
K	tuhosť
$E_s$	priemerná veľkosť sečnového modulu deformácie zemín pozdĺž drieku pilóty
$E_{si}$	sečnový modul deformácie i-tej vrstvy zeminy
s	sadania
$s_{25}$	sadanie rovno 25 mm
$R_d$	únosnosť pilóty
$V_d$	extrémna návrhová sila
MSP	medzný stav použiteľnosti

## **ZOZNAM PRÍLOH**

1. Posúdenie základovej pätky
2. Posúdenie pilóty
3. Zaťažovacia krivka
4. Výkres založenia mostného piliera
5. Fotodokumentácia